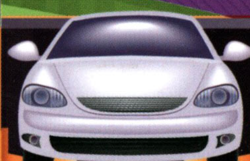
汽修入门书系

# 柴油机维修快速入门60天





一天一个专项
60天维修技能全掌握

一点一滴积累
2个月菜鸟轻松变高手

主　编◎赵国富
副主编◎赵阳　柏松



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE

Caliente.com

汽修入门书系



# 柴油机维修快速入门60天



主　编◎赵国富
副主编◎赵阳　柏松


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书前四章介绍了柴油机基础知识、零部件检测及维修、柴油机保养和装配等；第五章到第十二章对各类型机械喷射柴油机、电控柴油机的结构和检修方法进行了阐述；第十三章和第十四章为柴油机新技术方面内容，包括柴油机后处理系统及 CAN 通信系统检修。

本书为汽车维修人员学习之用，也可供职业院校汽车检修相关专业师生、企业技术培训人员参考。

**图书在版编目（CIP）数据**

柴油机维修快速入门 60 天/赵国富主编. —北京：机械工业出版社，2015. 4

ISBN 978-7-111-49591-8

Ⅰ. ①柴…　Ⅱ. ①赵…　Ⅲ. ①柴油机－维修　Ⅳ. ①TK428

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 047431 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：杜凡如　责任编辑：杜凡如
责任校对：张　力　封面设计：鞠　杨　责任印制：乔　宇
北京铭成印刷有限公司印刷
2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 15. 75 印张 · 387 千字
0 001—3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-49591-8
定价：45.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
服务咨询热线：010－88361066
读者购书热线：010－68326294
　　　　　　　010－88379203

网络服务
机 工 官 网：www. cmpbook. com
机 工 官 博：weibo. com/cmp1952
金　书　网：www. golden－book. com
教育服务网：www. cmpedu. com

封面无防伪标均为盗版

# 前　言

柴油机以其优良的性能，在工业、汽车、船舶、农用机械、工程机械等领域得到了广泛的应用。柴油机燃油系统类型繁多，可分为机械泵（转子分配泵、直列泵）、泵喷嘴、单体泵、电控机械泵（电控转子分配泵、电控直列泵）、电控泵喷嘴、电控单体泵、共轨燃油系统等类型。为帮助初学者掌握不同类型柴油机的结构特点以及检修技能，我们编写了本书。

机械喷射柴油机，为完成喷油量、喷油时刻的精确控制，燃油系统结构很复杂，性能进一步优化受到了限制。

电控柴油机的推出，是柴油机技术发展的里程碑。电控燃油喷射使得燃油喷射控制更精确，燃烧条件进一步得到改善，排放可达到更高的法规标准要求。多数电控柴油机都是由相应的机械喷射柴油机演变而来的，如单体泵演变为电控单体泵，泵喷嘴演变为电控泵喷嘴，转子泵演变为电控转子泵等。唯有共轨柴油机完全不见机械喷射系统的影子，它与汽油机缸内直喷系统有几分相似，但喷射压力要比汽油机高得多。

读者通过阅读本书，能够了解不同类型柴油机间差异，把握典型机型的检修要点。共轨柴油机技术先进、性能优异，代表了柴油机未来发展的方向，为此，本书重点阐述了共轨柴油机的结构及检测维修方法。

在本书后半部分，对柴油机后处理及 CAN 通信等新技术进行了介绍。

本书由赵国富主编，赵阳、柏松任副主编。参编人员有孙长勇、马果卫、曹国栋、蔡志涛。

本书编写中得到了山东华宇工学院的支持与帮助，谨在此表示感谢！

由于水平有限，不妥之处在所难免，希望广大读者提出宝贵意见。

编　者

# 目　录

前言
第一章　柴油机维修应知应会 …… 1
第 1 天　柴油机的应用领域 …… 1
第 2 天　柴油机的分类 …… 3
第 3 天　柴油机的维修工具 …… 5
第 4 天　柴油机的工作原理 …… 10
第 5 天　柴油燃料 …… 13
第二章　柴油机的基本测量 …… 16
第 6 天　气缸测量 …… 16
第 7 天　曲轴轴颈与轴瓦间隙测量 …… 19
第 8 天　气缸压力测量 …… 24
第三章　柴油机机件加工修理 …… 27
第 9 天　气缸镗磨 …… 27
第 10 天　气门铰削与研磨 …… 30
第四章　柴油机的保养 …… 34
第 11 天　柴油机保养规范 …… 34
第 12 天　柴油机油料及选用 …… 39
第五章　柴油机装配必知必会 …… 44
第 13 天　曲轴飞轮组装配必知必会 …… 44
第 14 天　活塞连杆组装配必知必会 …… 50
第 15 天　气缸套、气缸盖装配必知必会 …… 54
第 16 天　气门间隙调整必知必会 …… 56
第 17 天　齿轮室装配必知必会 …… 63
第六章　柴油机各系统检测 …… 68
第 18 天　润滑系统的检测 …… 68
第 19 天　冷却系统的检测 …… 72
第 20 天　进、排气系统检测 …… 78
第七章　柴油机机械故障诊断入门 …… 83
第 21 天　柴油机动力不足故障诊断入门 …… 83

第 22 天　柴油机高温故障诊断入门 …… 86
第 23 天　柴油机不着火、起动困难故障诊断入门 …… 89
第 24 天　柴油机润滑系统故障诊断入门 …… 93
第 25 天　柴油机进、排气系统故障诊断入门 …… 96
第 26 天　柴油机异响故障诊断入门 …… 99
第 27 天　柴油机起动系统故障诊断入门 …… 104
第 28 天　柴油机游车故障诊断入门 …… 110
第 29 天　柴油机飞车故障诊断入门 …… 116
第 30 天　柴油机怠速不稳故障诊断入门 …… 118
第 31 天　潍柴 WEVB 排气制动系统故障诊断入门 …… 121
**第八章　柴油机电控系统故障诊断入门** …… 126
第 32 天　柴油机电控系统概述 …… 126
第 33 天　转速传感器故障与检测要点 …… 129
第 34 天　温度传感器故障与检测要点 …… 134
第 35 天　压力传感器故障与检测要点 …… 140
第 36 天　加速踏板故障与检测要点 …… 144
第 37 天　电控风扇系统故障诊断入门 …… 148
第 38 天　巡航系统故障诊断入门 …… 151
第 39 天　康明斯皆可博发动机制动系统故障诊断入门 …… 154
**第九章　共轨柴油机燃油系统故障诊断入门** …… 160
第 40 天　高压共轨燃油系统概述 …… 160
第 41 天　共轨柴油机燃油系统保养与检测 …… 164
第 42 天　轨压传感器故障诊断入门 …… 168
第 43 天　油量计量单元故障诊断入门 …… 170
第 44 天　轨压异常故障诊断入门 …… 173
第 45 天　喷油器、喷油泵的结构与拆装 …… 175
**第十章　电控泵喷嘴柴油机检修入门** …… 180
第 46 天　电控泵喷嘴柴油机概述 …… 180
第 47 天　电控泵喷嘴柴油机燃油系统检修入门 …… 186
第 48 天　电控泵喷嘴柴油机装配要点 …… 189
**第十一章　电控分配泵柴油机检修入门** …… 198
第 49 天　电控分配泵柴油机概述 …… 198
第 50 天　电控分配泵柴油机电控系统 …… 203
第 51 天　电控分配泵系统检修入门 …… 207
**第十二章　电控单体泵柴油机检修入门** …… 211
第 52 天　电控单体泵柴油机概述 …… 211
第 53 天　电控单体泵柴油机电控系统 …… 214
第 54 天　电控单体泵系统检修入门 …… 217

第十三章　柴油机排放控制与后处理系统检修入门 ······ 220
第 55 天　柴油机排放控制与后处理技术概述 ······ 220
第 56 天　气助式 SCR 系统检修入门 ······ 225
第 57 天　非气助式 SCR 系统检修入门 ······ 230
第 58 天　EGR 系统检修入门 ······ 234
第十四章　柴油机多路通信系统检修入门 ······ 238
第 59 天　多路通信技术概述 ······ 238
第 60 天　多路通信系统检修入门 ······ 242
参考文献 ······ 246

# 第一章

# 柴油机维修应知应会

## 第 1 天　柴油机的应用领域

**学习目标**

1. 了解柴油机的应用领域
2. 掌握不同应用类型柴油机的基本特点

柴油机的应用领域广泛，主要包括以下几个方面。

### 一、专用设备

如小型发电机（图 1-1）、榨油机等用的柴油机，这类柴油机多以固定转速运转，因此发动机在该速度上进行特定的最优化。柴油机的调速器能够根据负荷调整喷油量。这类柴油机，机械式控制燃油喷射系统仍在使用。

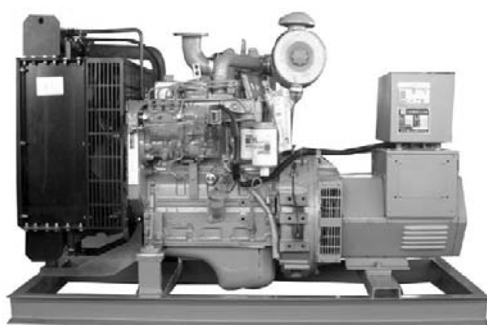


图 1-1　小型柴油发电机

### 二、汽车和轻型商用车

新型电控燃油喷射系统的应用，使得柴油机动力输出和转矩特性实现了质的飞跃。这使柴油机进入了中、高档轿车（图 1-2）市场。轿车使用高速柴油机，转速可达 5000r/min 以上。现在所有新型柴油机都采用直喷式设计，多装有涡轮增压器，与汽油机相比能够提供更好的转矩特性。

### 三、重型货车

对于重型货车（图 1-3）和商用车，柴油机的油耗经济性和动力性都明显优于汽油机。

因此在这一领域柴油机处于一统天下的地位。发动机转速通常在3500r/min以下。为控制排放，SCR、EGR等排放控制技术得到普遍应用。



图1-2　帕萨特TDI轿车



图1-3　福田戴姆勒GTL重卡

## 四、农机和工程机械

在农机和工程机械领域（图1-4），柴油机应用最为广泛。应用在工程和农业机械上的柴油机采用机械控制的燃油喷射系统的比率较高。由于风冷发动机具有耐久、简单化等特点，所在农业、工业和建筑上都有应用。

## 五、铁路机车

稳定的使用工况，大功率、大转矩的使用需求，使得柴油机在铁路机车（图1-5）上大展身手，其功率范围涵盖了从大型货车到中等轮船的功率水平。



图1-4　装载机



图1-5　铁路机车

## 六、船用发动机

由于使用条件的特殊性，决定了船用柴油机（图1-6）的多样化。例如，高速游艇要求柴油机有非常好的动力性能，多采用中速柴油机。而在其他一些大型轮船，为了获取最佳的经济性，较多使用两冲程低速柴油机，最低转速小于300r/min，热效率明显高于高速柴油机，而且可以使用低廉的重柴油。



图1-6　轮船



**你学会了吗?**

1. 柴油机的应用有哪些?
2. 车用柴油机有哪些特点?

# 第 2 天　柴油机的分类



**学习目标**

1. 了解机械喷射柴油机的类型及特点
2. 了解电控柴油机的主要类型及特点

柴油机的燃油喷射系统类型繁多，结构各异。机械喷射柴油机主要有直列泵、转子分配泵、泵喷嘴、单体泵几个类型。机械喷射柴油机设有调速器，用于发动机负荷变化时，油量的调节。一些发动机设有喷油提前调节装置，根据发动机的转速来调整喷油提前角。

机械喷射柴油机的燃油喷射系统日趋复杂，但性能进一步提高变得越来越困难。电控柴油机的出现突破了柴油机技术的发展瓶颈，喷油量控制、喷油时刻控制更加精准，柴油机的动力性和经济性都明显优于机械喷射柴油机。

柴油机的主要类别见表 1-1。

**表 1-1　柴油机的主要类别**

| | 类型 | 图例 | 特点 |
|---|---|---|---|
| 1. 机械喷射柴油机 | 直列泵柴油机 | | 高压油泵可细分为 P 型、A 型、B 型等多种。油泵体积较大，结构相对复杂。柱塞数量与气缸数量相同。此类柴油机技术普及，应用广泛。除轿车之外，几乎无处不用 |
| | 转子分配泵柴油机 | | 高压油泵结构紧凑、体积小。单柱塞负责为多缸供油。柱塞同时完成旋转和轴向往复运动。应用不及直列泵普遍 |

（续）

| | 类型 | 图例 | 特点 |
|---|---|---|---|
| 1. 机械喷射柴油机 | 泵喷嘴柴油机 | | 油泵和油嘴二合为一。每个喷油器兼有油泵和喷嘴两项功能。在电控柴油机推出之前，泵喷嘴柴油机以它的优异性能独树一帜。结构相对复杂，维修困难，决定了其应用范围较小 |
| | 单体泵柴油机 | | 应用较少。一汽道依茨 BF6M1013 柴油机就为这一类型 |
| 2. 电控柴油机 | 共轨柴油机 | | 应用最为广泛的电控柴油机。喷油压力、喷油量和喷油时刻均实现了计算机精确控制；对燃料要求较高、维修方便是其主要特点 |
| | 电控泵喷嘴柴油机 | | 电控泵喷嘴柴油机结构复杂，维修难度较高；乘用车和商用车均有采用，但应用范围较小。大众宝来 TDI 发动机、西安康明斯 ISM 系列柴油机就为此类 |
| | 电控单体泵柴油机 | | 玉柴 6L 电控单体泵柴油机、帕金斯单体泵柴油机为这种类型 |

（续）

| | 类型 | 图例 | 特点 |
|---|---|---|---|
| 2. 电控柴油机 | 电控转子分配泵柴油机 | | 由机械转子泵柴油机演变而来，不是电控柴油机的主流，在乘用车和轻型车上有少量应用。捷达柴油先锋轿车配备的SDI发动机即为此类 |



**你学会了吗?**

1. 机械喷射柴油机有哪些类型?
2. 电控柴油机有哪些类型?
3. 与机械喷射柴油机相比，电控燃油喷射柴油机有哪些优势?

## 第3天　柴油机的维修工具



**学习目标**

1. 了解通用维修工具的类型及用途
2. 掌握柴油机专用维修工具用途

### 一、通用工具

通用工具包括各类扳手、锤子、螺钉旋具和各类钳子等。通用工具见表1-2。

**表1-2　通用维修工具**

| 序号 | 名称 | 图片 | 用途与用法 |
|---|---|---|---|
| 1 | 套筒扳手 | | 用于批量螺栓拆装，手工作业效率高于其他扳手；缸盖螺栓、连杆螺栓、飞轮螺栓等关键部位螺栓只能用套筒扳手拆装。套筒扳手配合扭力扳手能够准确掌握螺栓扭紧力矩<br>套筒扳手一般称为套筒，它是由多个带六角孔或十二角孔的套筒配有手柄、接杆等多种附件组成的，特别适用于拧转空间狭窄或凹陷很深处的螺栓和螺母。套筒有米制和英制之分，套筒虽然内凹形状一样，但外径、长短等是针对相应设备的形状和尺寸设计的，国家没有统一规定，所以套筒的设计相对来说比较灵活，符合大众的需要。套筒扳手一般都附有一套各种规格的套筒头以及摇把、接杆、万向接头、旋具接头、弯头手柄等。套筒扳手的套筒头是一个凹六角形的圆筒；内六角、内六星套筒应用较少 |

（续）

| 序号 | 名称 | 图片 | 用途与用法 |
|---|---|---|---|
| 2 | 呆扳手 | | 呆扳手又称开口扳手，主要分为双头呆扳手和单头呆扳手。它的作用广泛<br>双头呆扳手有以下多种规格（以 mm 为单位）：4×5，5.5×7，8×10，9×11，12×14，13×15，14×17，17×19，19×22，22×24，30×32 |
| 3 | 梅花扳手 | | 与呆扳手相似，梅花扳手也有多种规格供选择<br>在使用梅花扳手时，左手推住梅花扳手与螺栓连接处，保持梅花扳手与螺栓完全配合，防止滑脱；右手握住梅花扳手另一端施力。梅花扳手可将螺栓、螺母的头部全部围住，因此不会损坏螺栓角，可以施加较大力矩 |
| 4 | 两用扳手 | | 两用扳手的一端为呆扳手，另一端为梅花扳手，而且两端尺寸规格相同 |
| 5 | 内六角扳手 | | 内六角扳手为成 L 形的六角棒状扳手，专用于内六角螺钉拆装<br>内六角扳手也可做成套筒，配合套筒工具使用 |
| 6 | 棘轮扳手 | | 棘轮扳手一般配合组合套筒使用。活动扳柄可以方便地调整扳手使用角度<br>棘轮扳手上的换向拨钮，用于拆、装转换，拆卸、装配拨钮处于不同位置。这种扳手所能承受力矩有限，不得代用扭力扳手、施加过大扭矩 |
| 7 | T 形扳手 | | T 形扳手是一种定型套筒，用于扭矩较小的螺栓拆卸 |
| 8 | 活扳手 | | 能够拆、装多种规格尺寸的螺栓。由于开口有一定活动量，因此不要施加过大扭矩，不然会使螺栓头受损<br>作业效率不高，因此相同规格、批量螺栓拆装，一般不采用 |

（续）

| 序号 | 名称 | 图片 | 用途与用法 |
|---|---|---|---|
| 9 | 扭力扳手 | | 扭力扳手，也叫力矩扳手或扭矩扳子。在紧固螺栓、螺母时能够控制施加的力矩大小，以保证螺纹紧固力矩标准，不至于因力矩过大被破坏。发动机一些关键部位的螺栓一定要用扭力扳手来操作。扭紧螺栓前，首先设定好一个需要的扭矩值上限，当施加的扭矩达到设定值时，扳手会发出“咔嗒”声响 |
| 10 | 螺钉旋具 | | 螺钉旋具俗称螺丝刀、起子等。按其头部形状可分为一字形和十字形两种。使用旋具时，需将旋具头部放至螺钉槽口中，并用力推压螺钉，平稳旋转旋具，特别要注意用力均匀，以免磨毛槽口 |
| 11 | 克丝钳 | | 常用的一种手工工具，钳柄上包有绝缘保护套，主要用来剪断导线或金属丝 |
| 12 | 尖嘴钳 | | 钳柄上套有绝缘套管。是一种常用的钳形工具。用来剪切线径较细的单股与多股线，它是电工常用工具之一 |
| 13 | 卡簧钳 | | 卡簧钳是一种用来安装内卡簧和外卡簧的专用工具，外形上像尖嘴钳，钳头有内直、外直、内弯、外弯几种形式，不仅可以用于安装卡簧，也可用于拆卸。卡簧钳分为外卡簧钳和内卡簧钳两大类，分别用来拆装轴外用卡簧和孔内用卡簧 |
| 14 | 大力钳 | | 大力钳主要用于夹持零件进行铆接、焊接、磨削等加工，其特点是钳口可以锁紧并产生很大的夹紧力，使被夹紧零件不会松脱，而且钳口有很多档调节位置，供夹紧不同厚度零件使用。有时也可作扳手使用 |
| 15 | 鲤鱼钳 | | 因外形酷似鲤鱼而得名，其特点是钳口的开口宽度有两档调节。主要用于夹持圆形零件，也可代替扳手拆装小螺母和小螺栓，钳口后部刃口可用于切断金属丝 |
| 16 | 压接钳 | | 导线压接钳是一种用冷压的方法来连接铜、铝导线的五金工具 |

（续）

| 序号 | 名称 | 图片 | 用途与用法 |
|---|---|---|---|
| 17 | 台虎钳 | | 台虎钳，又称虎钳，是用来夹持工件的通用夹具。装在工作台上，用以夹持零部件、完成拆卸或装配 |
| 18 | 锤子 | | 装配常用工具，严禁用锤头直接锤击零件 |
| 19 | 胶锤 | | 装配常用工具，橡胶锤头锤击零件，能够避免零件损坏 |
| 20 | 游标卡尺 | 测量内表面 螺钉 副尺 主尺 测量深度 活动卡脚 固定卡脚 测量外表面 | 游标卡尺，是一种测量长度、内外径、深度的量具。游标卡尺由主尺和附在主尺上能滑动的游标（副尺）两部分构成。主尺一般以 mm 为单位，而游标上则有 10、20 或 50 个分格，根据分格的不同，游标卡尺可分为十分度游标卡尺、二十分度游标卡尺、五十分度格游标卡尺等。分度越高测量精度越高 |
| 21 | 深度卡尺 | | 仅用于测量深度的量具，读数方法与游标卡尺相同 |
| 22 | 塞尺 | 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06 3 | 塞尺俗称厚薄规，是用于检验间隙的测量器具，如检查调整气门间隙就要使用塞尺。米制塞尺以 mm 为单位，英制塞尺以 in 为单位 |
| 23 | 万用表 | | 万用表是电气测量最常用的工具，可测量电压、电流和电阻等。万用表按显示方式分为指针万用表和数字万用表。维修电控发动机只能使用数字万用表，这是因为数字万用表内阻高，测试时不会对电路造成影响、导致测试不准确 |

## 二、专用工具

常用专用工具见表 1-3。

**表 1-3　专用维修工具**

| 序号 | 名称 | 图片 | 用途 |
|---|---|---|---|
| 1 | 缸套顶拔器 | | 用于气缸套的拆装 |
| 2 | 内径百分表 | | 用于气缸测量、曲轴轴瓦测量等 |
| 3 | 外径千分尺 | | 用于曲轴、凸轮轴等轴颈的测量；也用于内径量表的校对。外径千分尺有 0 ~ 25mm、25 ~ 50mm、50 ~ 75mm、75 ~ 100mm、100 ~ 125mm、125 ~ 150mm 等多个规格 |
| 4 | 气缸压力表 | | 用于气缸压力测量。使用时拆下喷油器，将缸压表装在喷油器孔中 |
| 5 | 磁性表座 | | 安装千分表后，可以检测曲轴和凸轮轴的轴向间隙、湿式气缸套的高度等 |
| 6 | 气门铰刀 | | 用于气门座圈的铰削加工。一般 45° 铰刀用于加工工作面，75° 和 15° 铰刀用于加工上口和下口 |

（续）

| 序号 | 名称 | 图片 | 用途 |
|---|---|---|---|
| 7 | 折射仪 | | 用于检测电解液、防冻液和尿素水溶液等的密度 |
| 8 | 红外线测温仪 | | 用于发动机冷却系统等温度的检测 |



**你学会了吗?**

1. 进行拆卸、装配时，同规格螺栓较多，而且装配扭矩要求严格（如缸盖螺栓），应使用何种工具?

2. 测量曲轴轴颈，应使用何种工具?

3. 测量曲轴轴向间隙，应使用何种工具?

4. 测量曲轴径向间隙，应使用何种工具?

# 第 4 天　柴油机的工作原理



**学习目标**

1. 了解柴油机主要结构组成
2. 掌握柴油机基本工作原理

## 一、柴油机的基本结构

柴油机是一种燃油和空气在气缸内部混合的压燃式发动机。由于空气在燃烧室内被高强度地压缩，这就产生了高温，当柴油喷入气缸时，可以实现自燃。柴油机是一种内燃机，具有较高的效率，较低燃油消耗和排放；还具有平稳加速的运行特性。柴油机更适于加装涡轮增压器，这不仅可以提高发动机的输出功率和效率，而且还可减少废气排放和燃烧噪声。

柴油机可分为两冲程柴油机和四冲程柴油机。用于汽车上的柴油机通常是四冲程柴油机。柴油机有一个或多个气缸，燃油混合气的燃烧产生的高压力驱动每个气缸的活塞做往复

运动。以这种工作方式工作的内燃机称为往复活塞式发动机。

柴油机的基本结构如图 1-7 所示。连杆的作用是将活塞的往复直线运动转变为曲轴旋转运动。安装于曲轴末端的飞轮用于曲轴的持续转动，以及降低由于每个气缸的做功周期性所产生的旋转振动。曲轴的旋转速度又称为发动机的转速。

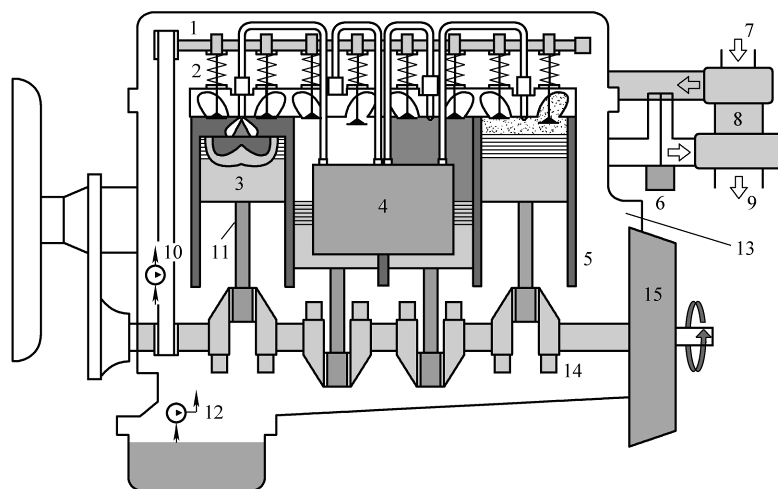



**图 1-7　四缸柴油机**

1—凸轮轴　2—气门　3—活塞　4—燃油喷射系统　5—气缸　6—废气再循环
7—进气歧管　8—涡轮增压器　9—排气管　10—冷却系统　11—连杆　12—润滑系统
13—缸体　14—曲轴　15—飞轮

进排气阀控制着空气的吸入和燃烧后废气的排出。它们开启和关闭气缸的进排气口，每缸的进排气口可以有一个或两个气门。

## 二、四冲程柴油机的工作循环

四冲程柴油机的工作循环如图 1-8 所示。每一循环有四个行程，即进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程。

（1）进气行程　进气行程从上止点（TDC）开始，活塞 6 向下运动，气缸的容量随之增大，同时进气门 3 开启，空气经进气门被吸入气缸。当活塞运行到下止点（BDC）时，进气行程结束。此时，气缸容积达最大值（$V_h+V_c$）。

（2）压缩行程　进气终了时，进气和排气门关闭。活塞向上运动，压缩气缸内的气体。在此过程中，空气温度可升高到 900℃。当压缩行程快结束时，喷油器将燃油喷入气缸，喷射压力最高可达 200MPa（共轨柴油机）。当活塞到达上止点时，气缸容积达最小值（$V_c$）。

（3）做功行程　几乎在燃油喷入气缸的同时，混合气开始自行燃烧。气缸内温度迅速升高，压力也同时大幅度增加。持续增长的高压力推动活塞向下运动，完成燃料燃烧释放的化学能向机械能的转换，曲轴将活塞的动能转换为转矩输出。

（4）排气行程　活塞到达下止点之前，排气门 4 开启，高温且有一定残余压力的废气排出气缸，当活塞完成换向、上行时，推动剩余的气体排出气缸。当排气行程结束时，曲轴已旋转两周，四冲程工作循环又重新从进气行程开始，如此反复的工作循环在各缸间交替地

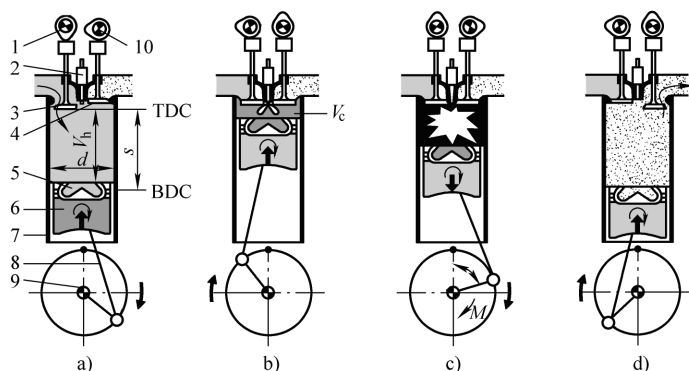



**图 1-8　四冲程发动机的工作循环**

a）吸气行程　b）压缩行程　c）做功行程　d）排气行程

1—进气凸轮　2—喷油器　3—进气门　4—排气门　5—燃烧室

6—活塞　7—气缸　8—连杆　9—曲轴　10—排气凸轮

*d*—缸径　*M*—转矩　*s*—活塞行程　$V_c$—压缩容积　$V_h$—活塞工作容积　TDC—上止点　BDC—下止点

进行，柴油机就会源源不断地输出动力。

## 三、二冲程柴油机的工作循环

通过活塞的两个冲程完成一个工作循环的柴油机称为二冲程柴油机，完成一个工作循环曲轴只转一圈，与四冲程柴油机相比，它提高了做功能力，在具体结构及工作原理方面也存在较大差异。主要差异在配气机构方面。二冲程柴油机没有进气阀，而是在气缸下部开设扫气口及排气口；或设扫气口与排气阀机构。有的二冲程柴油机连排气阀也没有，专门设置一个由运动件带动的扫气泵及储存压力空气的扫气箱，利用活塞与气口的配合完成配气，从而简化了柴油机结构。扫气泵附设在柴油机的一侧，它的转子由柴油机带动。空气经扫气泵压缩后排出，储存在具有较大容积的扫气箱中，并在其中保持一定的压力。二冲程柴油机的工作循环如图 1-9 所示。

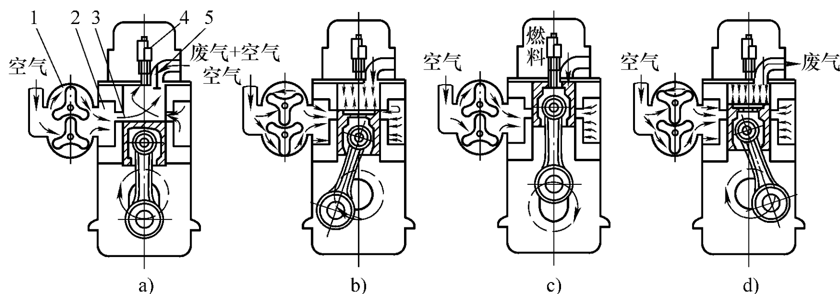



**图 1-9　二冲程发动机的工作循环**

a）扫气　b）压缩开始　c）做功　d）排气

1—扫气泵　2—扫气箱　3—扫气口　4—喷油器　5—排气阀

（1）燃烧膨胀及排气行程　燃油在燃烧室内着火燃烧，生成高温高压燃气。活塞在燃气的推动下，由上止点向下运动，对外做功。活塞下行至排气阀打开，此时燃气膨胀做功结束，气缸内大量废气靠自身高压自由排出，从排气口经排气管排到大气之中。

（2）扫气及压缩行程　活塞继续下行、打开扫气口，新鲜空气进入气缸。活塞运行到下止点，活塞换向、上行，此时排气阀仍打开，新鲜空气进入把气缸内残留的废气挤出气缸。当活塞封堵扫气口时，进气过程结束。接着排气阀关闭，气缸中的空气就开始被压缩。当压缩至上止点前某一位置时，喷油器将燃油喷入气缸，进入下一工作循环。

## 四、二冲程柴油机与四冲程柴油机对比

二冲程柴油机的优点：

1）二冲程柴油机因为比四冲程柴油机减少了两个行程，所以做功效率要比四冲程柴油机高。

2）转矩的均匀性比四冲程柴油机好，因为曲轴转一圈完成一个工作循环。

3）结构较简单。

二冲程柴油机的缺点：

1）二冲程柴油机油耗较高，因为它的换气损失较高。

2）扫气过程时间短，扫气不如四冲程柴油机完全，造成对增压器的依赖。

3）二冲程柴油机的活塞、气缸盖等主要机件的温度都比四冲程柴油机高许多。



**你学会了吗?**

1. 四冲程柴油机都有哪几个工作行程?
2. 柴油机的混合气是在缸内还是缸外形成的?
3. 二冲程柴油机主要有哪些优缺点?

# 第5天　柴油燃料



**学习目标**

1. 了解柴油牌号及含义
2. 掌握车用柴油的选用原则

## 一、柴油的性能指标

柴油主要检测指标见表1-4。

表 1-4　车用柴油主要参数（摘自 GB19147—2013）

| 指标 | 柴油型号 | | | | | | 单位 | 国标 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 凝点 | 5 | 0 | －10 | －20 | －35 | －50 | ℃ | Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ |
| 十六烷值 | 49 | 49 | 49 | 46 | 45 | 45 | — | Ⅲ |
| | 49 | 49 | 49 | 46 | 45 | 45 | — | Ⅳ |
| | 51 | 51 | 51 | 50 | 47 | 47 | — | Ⅴ |
| 含硫量 | 350 | | | | | | mg/kg | Ⅲ |
| | 50 | | | | | | mg/kg | Ⅳ |
| | 10 | | | | | | mg/kg | Ⅴ |

高品质的柴油要满足以下特征：十六烷值高，相对低的最终沸点，密度和黏度变化很小，芳香混合物含量低，硫含量低。另外，下面的几个特征对燃油喷射系统的使用寿命有重要影响：良好的润滑性；无水分；微粒污染物低于限值。

**1. 十六烷值**

十六烷值表示柴油的自燃性能。十六烷值越高，柴油自燃性能越好。柴油机无需额外的火花点火，当柴油喷射到燃烧室内高温高压空气中时，需要自行点燃，且着火延迟期要最小。十六烷值超过 50 对保证现代柴油机运转平稳和较低的尾气排放意义重大。

**2. 硫含量**

硫可以使燃油的润滑性能变坏。含硫量过高还会导致柴油机后处理系统效能变坏、甚至失效。柴油中含硫量取决于原油的质量和在炼油厂添加的成分。尤其是裂解成分中大部分的硫含量都很高。欧Ⅲ标准硫含量限值为 350mg/kg。欧Ⅳ标准硫含量限值调整为 50mg/kg，欧Ⅴ标准硫含量限值进一步降低到 10mg/kg。

**3. 总的污染杂质**

总的污染杂质是指在燃油中的不能溶解的杂质颗粒，例如沙子、铁锈、未溶解的有机物，包括老化的聚合物。硬粒子也会引起磨料磨损。这种磨损会引起阀门泄漏，这就会降低喷油压力和发动机的性能，并且会增加发动机微粒排放。

**4. 柴油中的水分**

水分会使燃油系统元件（油泵、喷油器等）产生锈蚀而损坏。柴油可以吸收大约 100mg/kg 的水分。这种溶解度的限制是由柴油本身的成分和周围的温度所决定的。即使很少量的自由水在很短的时间里也会对喷油泵造成很大的损害。由于水分在空气中冷凝，所以要阻止水分进入燃油箱是不可能的。因此，油水分离器就成为燃油系统必备的元件。

## 二、柴油的选用

凝点和冷滤点是表征柴油低温使用性能的重要指标。凝点是表明柴油在低温环境中失去流动性的最高温度；冷滤点则可表明柴油通过柴油发动机供油系统时会造成滤网堵塞的最高温度。对轻柴油而言，冷滤点比凝点指标在实际使用中显得更加重要。这是因为冷滤点与柴油的低温使用性能直接相关，而凝点主要是与柴油的贮存、运输有关。

柴油在较低温度下之所以凝固，是由于柴油中含有一定量的蜡（即正构烷烃），当温度降低时，这些蜡会逐渐析出，并形成蜡晶。随着温度的进一步降低，蜡晶会迅速长大，首先

形成平面状结晶，这些结晶相互联结，以至形成三维网状结构，把油包在其中，使油失去流动性而呈现凝固状态。

柴油的低温流动性主要由凝点和冷滤点来决定，它的凝点比冷滤点低 3 ~6℃。当气温接近冷滤点而尚未到凝点时，柴油已经分泌蜡质开始凝结，流动性变差，燃油箱、油管阻力增大，燃油滤清器通过困难，供油量不足，甚至起动困难。因此并非对应 –10 号柴油就可在 –10℃气温条件下使用。柴油不能高、低牌号混用，50% 的 0#柴油和 50% 的 –50#柴油混合不等于 –25 号或 –30 号的柴油，感觉上变稀了，实际上各是各的凝固点。

轻柴油按照凝点分为不同的牌号，每种牌号都有对应的凝点和冷滤点指标。0 号轻柴油就是指这一牌号的柴油凝点不高于 0℃，其对应的冷滤点指标为不高于 +4℃。因此人们常常会认为，0 号柴油就表明它在 0℃时还能正常使用，这实际是一种误解。4°C 时 0 号柴油开始析出晶体。准确地讲，凝点为 0℃的 0 号柴油只能在高于其冷滤点 +4℃的温度条件才能正常使用，而在冷滤点及其以下的温度时，该柴油已经不能通过滤网（或滤清器）；当温度降到 0℃时，该油会失去流动性而呈现凝固状态。

因此选用柴油的原则一般为凝点低于环境最低温度 5 ~6℃。这才能够保障柴油的低温流动性，满足发动机的使用要求。



### 你学会了吗?

1. 柴油中的水分对柴油机有哪些危害?
2. 柴油中的硫都有哪些危害?
3. 如何根据环境最低温度选用不同牌号柴油?

# 第二章

# 柴油机的基本测量

## 第6天　气缸测量

**学习目标**

1. 了解气缸测量的目的
2. 掌握气缸测量的操作技能

**基础知识**

气缸和活塞之间的配合间隙，是柴油机重要的装配数据。气缸实际尺寸是用来计算配缸间隙、检验配缸间隙是否符合技术规范、判定磨损的气缸是否可以继续使用（是否需要镗缸修理）的重要依据。

在用柴油机如果气缸间隙过大，会导致气缸密封性变坏、气缸压力下降，甚至烧机油，发动机动力性、经济性都将受到直接影响。

气缸尺寸测量，一般在发动机总装前进行。对发动机一些相关故障进行检修时，有时也需要对磨损的气缸进行检测。

**实际操作**

### 一、工具的准备

气缸测量时需要提前准备两种工具，即量缸表和外径千分尺（图2-1）。量缸表就是量程为40～160mm的内径量表。外径千分尺则要依据气缸标准直径选用。例如测量潍柴WP12发动机气缸，由于气缸的标准尺寸为$\phi$126，应选用量程为125～150mm的外径千分尺。



**图 2-1　量缸表和外径千分尺**

## 二、测量步骤

**1. 安装及校对量缸表**

1）如图 2-2 所示，将百分表的杆部插入量缸表的孔中，至表杆与传动杆接触时，表针有少量的摆动（0.5～1.0mm）即可，此时将百分表面与活动测量杆置于同一方向，再用锁紧螺母把百分表紧固。




**图 2-2　装百分表**

2）如图 2-3 所示，将千分尺调到被测气缸的公称尺寸，并用专用卡具或台虎钳将千分尺固定。然后选择合适尺寸的接杆，将接杆装在量缸表的下端，并将长度调整合适。




**图 2-3　装接杆**

3）如图 2-4 所示，用拇指转动表盘，将大针调零。




**图 2-4　大针调零**

**注意**：百分表调零时要保证接杆与外径千分尺对正，否则会导致测量结果错误。调表的要诀：插表到 1，对表到 2（这就有了 1mm 左右量程）。

**2. 测量**

用干净软布擦净缸套表面。如图 2-5 所示，右手拿住隔热套，把量缸表活动测量头一端压入气缸后，再使接杆一端进入气缸内，左右摆动，在大指针处于顺时针极限位置时，记下大针距离 0 位格数，然后根据下式计算测量值：测量值 = 格数 ×0.01（mm）。大指针在收缩侧（顺时针方向），测量值取负值；大指针在延长侧（逆时针方向），测量值取正值。

测量时，使量缸表的活动测杆同气缸轴线保持垂直，才能测量准确。垂直位置判定不是通过目测表杆完成，而是在测量时使表杆向左右两个方向摆过垂直位置，在此过程中读取大针顺时针极限位置距离 0 位格数即可。

将测量值与气缸公称直径相加，即得到气缸直径尺寸：缸径 = 公称直径 + 测量值（百分表读数）。

如图 2-6 所示，气缸测量一般上、中、下 3 个平面分别进行，每个平面在曲轴方向和垂直方向各测得一个尺寸，这样每个气缸就测得 6 个值。上平面距离顶部约 10mm，下平面距离气缸底部约 10mm。

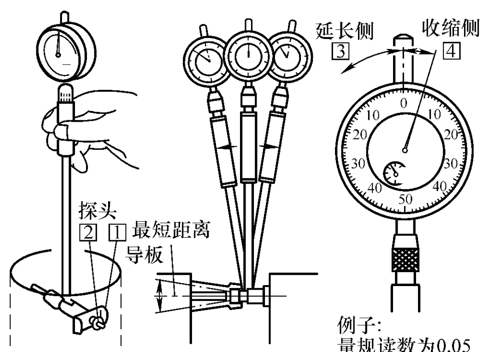



图 2-5　左右摇摆获取读数

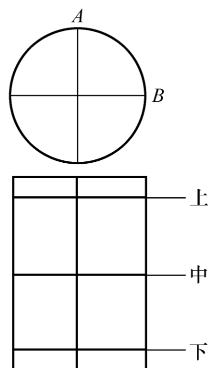



图 2-6　气缸测量的方位

## 三、气缸圆度和圆柱度计算

**1. 圆度的计算**

同一截面内两直径之差的一半即为该截面的圆度误差。将三个截面的圆度值比较，其中最大值就为该缸的圆度误差。它反映了气缸的失圆程度。由于气缸尺寸在上、中、下 3 个断面进行测量，所以每个气缸可以算出 3 个圆度值，这 3 个值中的最大者，称之为该缸的圆度。一些发动机用失圆度来衡量气缸的失圆程度，失圆度指在同一平面内测得的气缸尺寸之差。

**2. 圆柱度的计算**

气缸全部 6 个数值中，最大直径与最小直径差值的一半称为该气缸的圆柱度。圆柱度代表着气缸的锥度大小。

不同的柴油机圆度、圆柱度误差的极限值是不同的。当圆度和圆柱度中，任意一个超过极限值时，气缸就要进行修理（更换缸套或镗磨气缸）。例如康明斯 ISM 发动机气缸失圆度极限为 0.10mm。



## 特别提示

新气缸测量相对简单。气缸测量难点在于磨损的气缸测量。如图 2-7 所示，气缸的最大磨损多处于活塞上止点第一道环位置（距离气缸上平面 1cm 左右）。由于最大磨损区域往往很小，量缸表稍稍上下移动，测量值会变化很大。所以气缸上口尺寸测量，采用的方法是上下移动量缸表，测得多个值，然后取最大者为实测值。

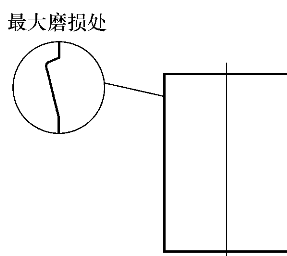



图 2-7　气缸的最大磨损部位



## 你学会了吗?

表 2-1 是康明斯 ISM 发动机气缸测量记录，请计算气缸圆度和圆柱度，并判定气缸是否超限（需要检修）?

表 2-1　ISM 发动机气缸测量数据

| 气缸 | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 测量方向 | | *A* | *B* | *A* | *B* | *A* | *B* | *A* | *B* | *A* | *B* | *A* | *B* |
| 测量部位 | 上 | 125. 15 | 125. 03 | 125. 07 | 125. 06 | 125. 07 | 125. 06 | 125. 06 | 125. 09 | 125. 04 | 125. 06 | 125. 05 | 125. 08 |
| | 中 | 125. 04 | 125. 03 | 125. 02 | 125. 05 | 125. 03 | 125. 04 | 125. 04 | 125. 02 | 125. 03 | 125. 03 | 125. 02 | 125. 03 |
| | 下 | 125 | 125 | 125. 01 | 125. 01 | 125. 02 | 125. 02 | 125. 03 | 125. 02 | 125 | 125 | 125. 01 | 125. 01 |
| 圆度 | | | | | | | | | | | | | |
| 圆柱度 | | | | | | | | | | | | | |
| 备注 | | *A*—曲轴中心方向　*B*—曲轴垂直方向 | | | | | | | | | | | |
| | | 气缸失圆度极限 0. 10mm | | | | | | | | | | | |

# 第 7 天　曲轴轴颈与轴瓦间隙测量



## 学习目标

1. 掌握曲轴轴颈检测技能
2. 掌握主轴瓦、连杆瓦检测技能



## 基础知识

曲轴是发动机上的一个重要的机件，是由碳素结构钢或球墨铸铁制成的（图 2-8），它有两个重要部位：主轴颈和连杆颈。全支撑曲轴连杆轴颈数等于气缸数，主轴颈数量比连杆轴颈多一个。如一台六缸柴油机，主轴颈有 7 道，连杆轴颈有 6 道。

曲轴通过主轴颈安装在缸体上，连杆颈与连杆大端连接。曲轴作用是将活塞的往复直线运动，转换为旋转运动输出。曲轴轴颈配有瓦片（即滑动轴承），其润滑条件要求很高。曲轴轴颈及轴瓦表面要求光滑、无损伤；轴瓦间隙是一项重要的装配参数，发动机在装配前要进行间隙测量。

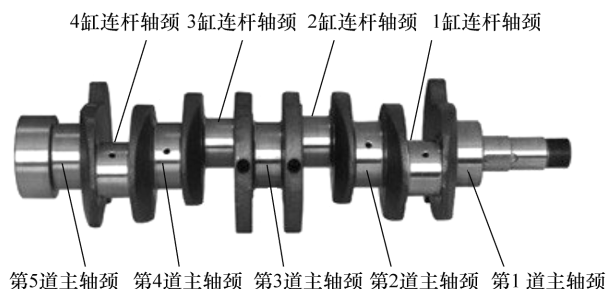



**图 2-8　曲轴结构**



## 实际操作

### 一、测量曲轴径向间隙测量

1）用外径千分尺测量曲轴各主轴颈尺寸。在油道孔与两边曲柄的中间位置（图 2-9 位置Ⅰ和位置Ⅱ）进行测量，两个平面 *A* 向和 *B* 向各测得一个尺寸，这样每个轴颈测得 4 个值。

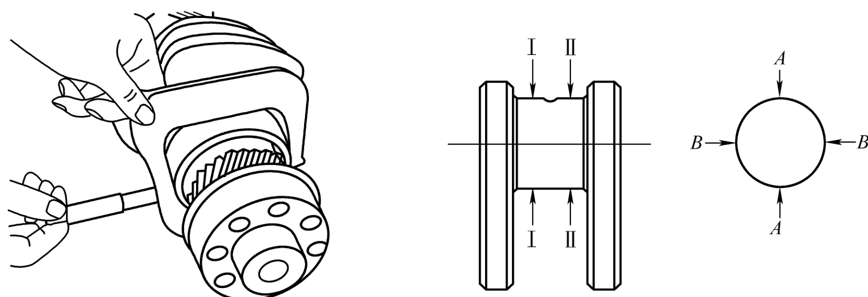



**图 2-9　主轴颈测量**

2）校对内径量表，测量主轴承孔径。将外径千分尺调定在主轴颈最大值，然后固定于台虎钳上，校对内径量表。内径量表的安装、调零方法同气缸测量相同，不再赘述。

**调表的要诀**：插表到 1，对表到 2（这就有了 1mm 左右量程）。

3）将曲轴主轴承瓦片安装在缸体与曲轴箱座孔中，以 250N·m（潍柴 WP10 发动机）的扭矩拧紧。用内径千分尺测量各道轴瓦内径。主轴承测量如图 2-10 所示，在Ⅰ和Ⅱ两个平面进行，每个平面在 *A*、*B*、*C* 三个方向测得 3 个值，结果每个主轴承得到 6 个测量值。

**注意**：一般带油槽的主轴瓦片是上瓦片，不带油槽的瓦片是下瓦片，不得装错。

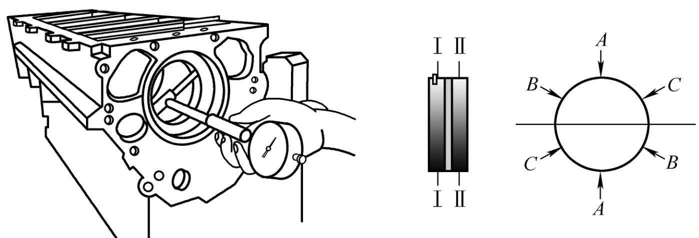



**图 2-10　主轴承测量**

4）间隙计算。测得轴颈尺寸和轴瓦尺寸后，以轴颈最大值来计算轴承间隙，记入表 2-2。

**表 2-2　轴瓦间隙检测记录**

| | | | 第一道 | 第二道 | 第三道 | 第四道 | 第五道 | 第六道 | 第七道 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 轴瓦 | Ⅰ | *A* | | | | | | | |
| | | *B* | | | | | | | |
| | | *C* | | | | | | | |
| | Ⅱ | *A* | | | | | | | |
| | | *B* | | | | | | | |
| | | *C* | | | | | | | |
| 轴颈 | Ⅰ | *A* | | | | | | | |
| | | *B* | | | | | | | |
| | Ⅱ | *A* | | | | | | | |
| | | *B* | | | | | | | |
| 间隙 | | 最小值 | | | | | | | |
| | | 最大值 | | | | | | | |
| 最小间隙 = 轴瓦最小值 − 轴颈最大值；最大间隙 = 轴瓦最大值 − 轴颈最大值 | | | | | | | | | |

检测结果轴瓦间隙最小值应大于下限值；最大值应小于上限值。如潍柴 WP10 发动机主轴承标准间隙值为 0. 095 ~ 0. 163mm，如果测得间隙最小值小于 0. 095mm，或间隙最大值大于 0. 163mm，都是需要维修的（换瓦片或修磨曲轴）。

## 二、连杆轴承间隙测量

1）用外径千分尺测量连杆轴颈尺寸。在油道孔与两边曲柄的中间位置（图 2-11 位置Ⅰ和位置Ⅱ）进行测量，两个平面 *A* 向和 *B* 向各测得一个尺寸。这样每个轴颈得到 4 个测量值。

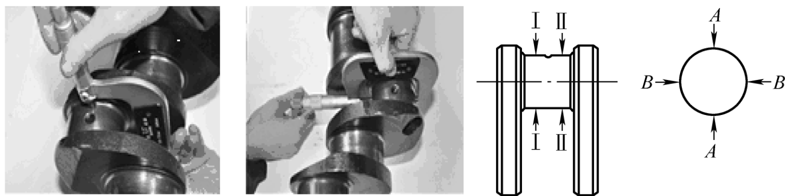



**图 2-11　连杆轴颈测量**

2）校对内径量表，测量主轴承孔径。将外径千分尺调定在连杆轴颈最大值，然后将其固定于台虎钳上、校对量表。内径量表的安装、调零方法与气缸测量相同，不再赘述。

**调表的要诀：**插表到 1，对表到 2（这就有了 1mm 左右量程）。

3）如图 2-12 所示，将连杆瓦装入连杆大头，拧紧连杆螺栓。在瓦片中央 *A*、*B*、*C* 三个方向测得 3 个内径尺寸值。

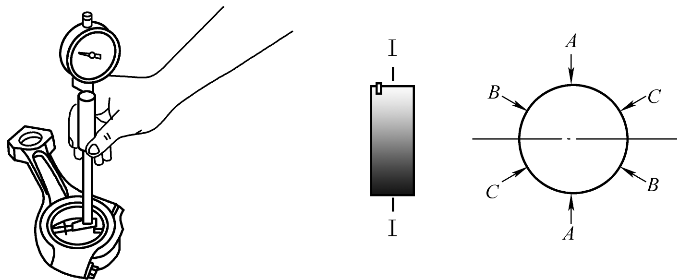



**图 2-12　连杆轴承测量**

4）间隙计算　测得连杆轴颈尺寸和轴瓦尺寸后，以连杆轴颈最大值来计算轴承间隙，记入表 2-3。

**表 2-3　连杆轴承间隙检测记录**

| | | | 第一道 | 第二道 | 第三道 | 第四道 | 第五道 | 第六道 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 轴瓦 | Ⅰ | *A* | | | | | | |
| | | *B* | | | | | | |
| | | *C* | | | | | | |
| 轴颈 | Ⅰ | *A* | | | | | | |
| | | *B* | | | | | | |
| | Ⅱ | *A* | | | | | | |
| | | *B* | | | | | | |
| 间隙 | | 最小值 | | | | | | |
| | | 最大值 | | | | | | |
| 最小间隙 = 轴瓦最小值 – 轴颈最大值；最大间隙 = 轴瓦最大值 – 轴颈最大值 | | | | | | | | |

检测结果轴瓦间隙最小值应大于下限值；最大值应小于上限值。如潍柴 WP10 发动机连杆轴承标准间隙值为 0. 059 ~0. 135mm，如果测得间隙最小值小于 0. 059mm，或间隙最大值大于 0. 135mm，都是需要维修的（换瓦片或修磨曲轴）。

## 三、曲轴轴向间隙测量

曲轴轴向间隙检测（图 2-13）应在曲轴主轴颈装配完毕时进行，测量步骤如下。

1）将磁力百分表座固定于合适位置，百分表触头与曲柄平面相接处（也可以将磁力百分表固定于机体的前、后平面，百分表触头顶在曲轴前端面或后端面进行测量）。

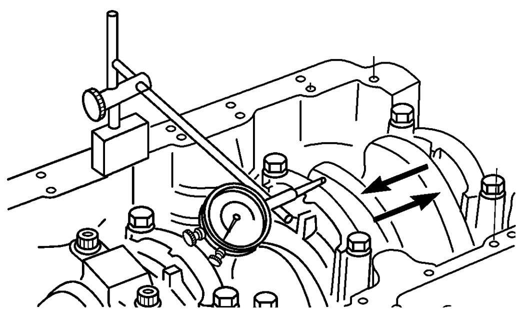


**图 2-13　曲轴轴向间隙测量**

2）用撬棍或一字起子前后撬动曲轴。读取百分表摆动量，即为曲轴轴向间隙值。如潍柴 WP10 发动机曲轴轴向间隙值为 0.052 ~ 0.255mm，若曲轴轴向间隙过大，需要更换止推垫片。



**特别提示**

对曾经大修过的发动机的曲轴轴颈进行测量时，轴颈尺寸有时会小于标准值 0.25mm 以上，这是由于曲轴修磨过的缘故。一般轴颈每减小 0.25mm 为一个修理尺寸级别，最多可以有 -0.25mm、-0.50mm、-0.75mm、-1.0mm 4 个修理尺寸级别，瓦片对应也有 -0.25mm、-0.50mm、-0.75mm、-1.0mm 4 种修理尺寸。是否有修理尺寸、以及有几个修理尺寸级别，这会因机型不同而不同。同一台发动机曲轴主轴颈和连杆颈的修理尺寸级别可以不同，但同一台发动机的连杆颈修理尺寸级别一定相同，同一台发动机的主轴颈修理尺寸级别也一定相同。



**你学会了吗?**

1. 曲轴主轴颈和连杆轴颈的间隙如何测量?
2. 曲轴轴向间隙如何进行测量? 都使用什么工具?

# 第 8 天　气缸压力测量

## 学习目标

1. 了解气缸压力的影响因素
2. 掌握气缸压力测量的操作技能

## 基础知识

气缸压力的高低，是气缸密封性、气门密封性、缸垫密封性的综合反映。气缸压力下降会导致燃烧条件变坏、动力下降、油耗增加、起动困难和加速不良等一系列故障出现。气缸压力高低反映了柴油机机械部分整体技术状况好坏，因此检测气缸压力就成为发动机机械故障诊断的有效手段之一。

## 实际操作

### 一、使用工具与测试条件

测量柴油机气缸压力，使用专用的柴油机气缸压力表（图 2-14）。气缸压力表量程一般为 0 ~ 6MPa。

### 二、气缸压力测量

1）首先使发动机运转至冷却液温度达到 80 ~ 90℃（有些厂家要求在室温条件下测量，如潍柴 WP10 系列柴油机），然后进行测试。

2）然后熄火停机，并切断柴油供给。具体操作为拆下熄火拉线，再用扎带把控制杆固定在断油（熄火）位置（图 2-15）。松开高压油管和喷油泵的连接螺母，确保不向气缸喷油。



图 2-14　柴油机气缸压力表

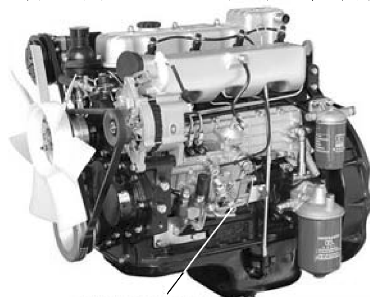



图 2-15　将油泵负荷控制杆固定于断油位置

3）多数柴油机需要拆下所有喷油器（图 2-16）；有些车辆拆下预热塞，如五十铃

4JG1 柴油机（图 2-17），然后把气压表的接头安装到 1 号气缸的喷油器孔（或预热塞的螺孔）中。

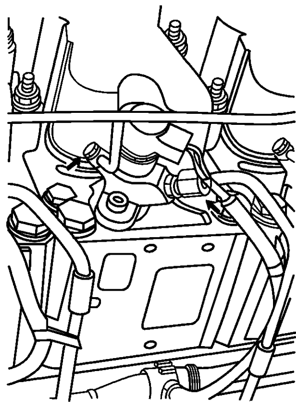


图 2-16　潍柴 WP10 发动机拆下喷油器

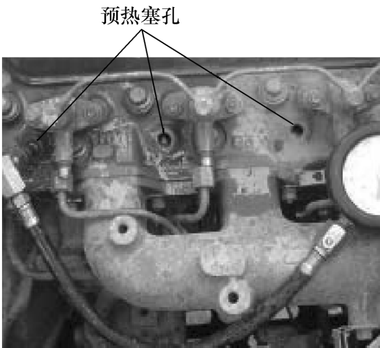



图 2-17　五十铃 4JG1 柴油机拆下预热塞

4）用起动机拖动柴油机，确认转速达到正常起动转速，大约 5s 后读取气缸压力表的读数（图 2-18）。

5）重复以上操作，依次测得其他气缸压力。将测得压力与标准值对比，气缸压力低于极限值，应对发动机解体查明原因、进行检修。潍柴 WP10 系列柴油机标准气缸压力值为 2.6 ~ 2.8MPa，各缸压力差不大于 200kPa（$2kgf/cm^2$）。表 2-4 为五十铃系列柴油机的气缸压力标准。

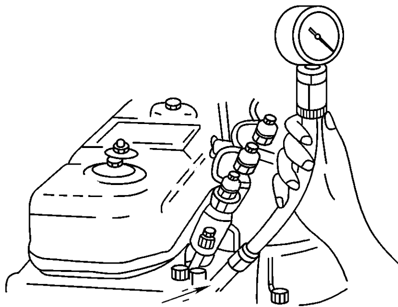


图 2-18　读取气缸压力

表 2-4　五十铃系列柴油机的气缸压力标准

| 序号 | 机型 | 标准值 | 极限值 | 单位 | 各缸压差极限 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4LE1 | 3.0（31） | 2.5（26） | MPa（$kgf/cm^2$） | ≤200kPa（$2kgf/cm^2$） |
| 2 | 4JG1 | 3.04（31） | 2.2（22） | MPa（$kgf/cm^2$） | ≤200kPa（$2kgf/cm^2$） |
| 3 | 4BG1 | 3.0（31） | 2.5（26） | MPa（$kgf/cm^2$） | ≤200kPa（$2kgf/cm^2$） |
| 4 | 6BG1 | 3.0（31） | 2.5（26） | MPa（$kgf/cm^2$） | ≤200kPa（$2kgf/cm^2$） |
| 5 | 4JJ1 | 3.24（33） | 1.96（20） | MPa（$kgf/cm^2$） | ≤294kPa（$3kgf/cm^2$） |
| 6 | 4HK1 | 3.24（33） | 1.96（20） | MPa（$kgf/cm^2$） | ≤294kPa（$3kgf/cm^2$） |
| 7 | 6HK1 | 3.24（33） | 2.26（23） | MPa（$kgf/cm^2$） | ≤294kPa（$3kgf/cm^2$） |
| 8 | 6UZ1 | 2.75（28） | 2.26（23） | MPa（$kgf/cm^2$） | ≤200kPa（$2kgf/cm^2$） |
| 9 | 6WG1 | 2.75（28） | 2.26（23） | MPa（$kgf/cm^2$） | ≤200kPa（$2kgf/cm^2$） |



## 特别提示

1）某一缸压力较低时，可向该缸加入 10 ~ 15mL 机油，然后重新测定该缸的气缸压力。若加注润滑油后，气缸压缩压力明显提高，则说明该气缸活塞及活塞环漏气严重。若压力变化不明显，应着重检查气门密封性及缸垫密封性。

2）相邻两缸的压力均偏低，说明两缸之间相互窜气，窜气最常见的原因是气缸垫损坏。

3）所有缸的压缩压力均明显低于规定值，说明该柴油机的活塞及活塞环磨损过甚，或进、排气门因严重积炭等原因而密封不严。可以考虑发动机大修。



## 你学会了吗?

1. 气缸压力表一般装于何处进行测量?
2. 气缸压力低于极限值对发动机有哪些影响?

# 第三章

# 柴油机机件加工修理

## 第9天　气缸镗磨

### 学习目标

1. 了解柴油机气缸的结构类型
2. 掌握气缸镗磨的基本工艺和方法

### 基础知识

**1. 气缸结构类型**

气缸可分为无缸套气缸和有缸套气缸两种。缸套又分为湿式缸套和干式缸套两种。湿式缸套均为成品，新缸套安装后即可使用、无需再进行机械加工（镗缸、磨缸）。干式缸套有成品缸套和半成品，成品缸套更换后即可使用、无需加工；半成品套内径留有加工余量，缸套完成安装后需要镗磨。表3-1列出了不同气缸结构的维修方案。

表3-1　不同气缸结构的维修方案

| 序号 | 气缸结构类型 | 图例 | 维修方案 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 无套气缸 | 康明斯6BT5.9气缸体 | 气缸扩孔、下套，然后进行镗缸、磨缸，恢复到标准尺寸。有些车型有加大修理尺寸，供应半成品缸套，装复后需要镗缸。康明斯B系列柴油机为此类型 |
| 2 | 干式成品缸套 | 五十铃6BGIT缸体 | 缸套损伤、磨损超限，直接更换。潍柴WP10/WP12发动机就属于此类 |

（续）

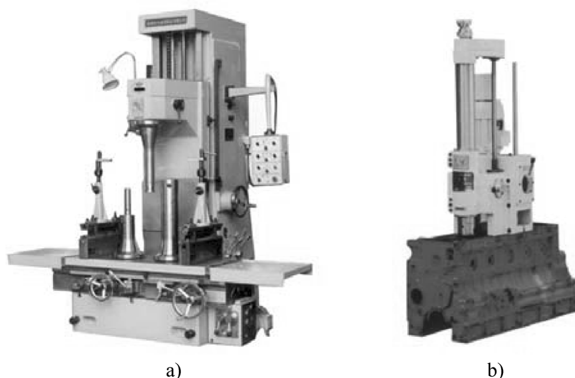
| 序号 | 气缸结构类型 | 图例 | 维修方案 |
|---|---|---|---|
| 3 | 湿式缸套 | 康明斯发动机气缸体与缸套 | 缸套损伤、磨损超限，直接更换。康明斯 M 及 C 系列柴油机、锡柴 6DL 就属于此类 |
| 4 | 干式半成品缸套 | | 这类发动机原车机体有缸套，气缸需要维修时，如有加大修理尺寸，可以直接镗缸修复；如果缸套无法继续扩缸修复，或无加大修理尺寸，则应更换缸套、然后进行镗磨 |

**2. 气缸修理尺寸**

气缸修理尺寸一般级差为 0.25mm。气缸加大修理尺寸级别主要有 +0.25mm、+0.50mm、+0.75mm、+1.00mm。具体到某一个机型，是否有修理尺寸，有哪几个级别应查阅相关维修资料确认。

**3. 镗缸机**

镗缸机有移动式镗缸机和固定式镗缸机两种（图 3-1）。移动式镗缸机（图 3-1b）灵活性强，成本较低；固定式镗缸机（图 3-1a）镗磨精度高，设备成本较高。



a)　　b)

**图 3-1　镗缸机**

a）固定式镗缸机　b）移动式镗缸机

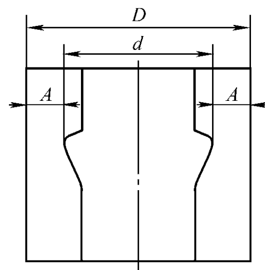


**实际操作**

（1）气缸的修理级数确定（图 3-2）　气缸修理级数依据气缸最大磨损值确定。选择原则是保证气缸最大磨损处的加工余量不小于 0.1mm（偏心法，如果采用同心法此值应为 0.2mm 左右）。当加工余量小于 0.1mm 时，不能够保证不漏镗（注：漏镗是指气缸最大磨损处未能加工到的一种现象）。换句话说就是要保证气缸镗磨后的尺寸大于气缸最大磨损值 0.1mm 以上。

（2）镗削量的计算　当气缸的修理级数确定后，先选定相应修理级数的活塞，然后根据活塞直径和气缸直径计算镗削量。活塞与气缸配合间隙柴油机一般为0.15mm（具体车型会有差异）。磨缸余量一般为0.02～0.04mm，镗削量可按下式进行计算

镗削量＝活塞裙部最大直径－气缸最小直径＋活塞与气缸配合间隙－磨缸余量




最大磨损处加工余量$2A=D-d\geqslant 0.1$mm
$D$—镗磨后气缸尺寸　$d$—气缸最大磨损尺寸

图3-2　气缸修理级数确定

（3）镗缸定位基准的选择　为了保证镗缸质量，在操作上应注意首先做好定位基准的选择。选择镗缸的定位基准的目的，是保证气缸镗削后，各缸中心线与曲轴主轴承座孔中心线在一个平面上并相互垂直。固定式镗缸机以缸体底面前后两主轴承座孔和气缸上口作定位基准，其镗缸精度比较高。移动式镗缸机则以气缸顶平面作为定位基准。

（4）确定气缸镗削中心　确定气缸中心有同心法和偏心法两种。同心法，是在气缸未磨损部位定中心，可以保证各缸镗削后中心线与原来相同。偏心法，是在气缸最大磨损部位定中心，镗削后的气缸中心线发生偏移。固定式镗缸机的定心是靠装在镗杆上的定心杆完成的。定心杆，由螺钉调整到与气缸直径相应的位置，然后将镗杆伸入到缸口未磨损的台肩部位（若缸口台肩被刮过，需以缸套下部未磨损部位定位），使定心杆球端距离气缸顶面3～4mm。转动镗杆检查定心杆与气缸表面接触的均匀情况。当定心杆与缸壁四周间隙相等时，即为已经对正中心。

在实际生产中，为减少每次镗缸的镗削量，也可采用偏心法来镗缸。但只适用于镶过缸套并在允许偏移范围内的气缸。这是因为，偏心法镗缸将使气缸中心偏离原有中心，当偏心过大时，会使活塞与缸壁间受力变坏、导致偏缸，增加了气缸的磨损，缩短发动机使用寿命。

（5）选择适当的吃刀量　镗削量确定后，应根据每次允许的吃刀量考虑镗削次数。一般铸铁气缸，第一刀切削深度应不大于0.05mm，因为气缸表面有硬化层和气缸磨损不均，吃刀量过大、切削力过大会引起振动，不仅影响气缸加工质量，而且有损于镗缸机，又加剧刀具的磨损。中间几次可以大一些，但不得超过镗缸机限制的最大允许吃刀量。最后一刀，切削深度应控制在0.03～0.05mm，以保证镗削的精度和表面粗糙度。

镗缸的切削要求：对于一般灰铸铁缸体硬度在180～230HBS，采用YG6或YG8硬质合金刀具；切削速度为125～150m/min；进给量为0.10～0.15mm/r；吃刀量如前所述。气缸应隔缸镗削。镗缸后缸口应加工成75°倒角，以便活塞连杆机构的装配，并注意倒角宽度应符合规定。

（6）镗缸的工艺过程及技术要求　镗缸必须在缸体螺孔、焊补等其他作业完毕后，才可进行，镗缸工艺步骤如下。

1）根据量缸测量结果，确定加大扩缸修理尺寸。

2）根据修理尺寸选定同尺寸的活塞，同组的活塞重量、尺寸应一致，气缸的镗削量计算如前所述。

3）测量选用活塞的直径尺寸，根据配缸间隙，留出粗镗、精镗加工余量及珩磨余量。

4）确定起镗尺寸，初镗进刀量一般在0.03～0.05mm。

5）粗镗，留精镗加工余量为0.10mm。

6）精镗，留珩磨余量为0.03mm。

（7）气缸珩磨　珩磨使气缸达到规定尺寸及表面粗糙度。在珩磨后，缸壁表面粗糙度 $Ra$ 值不大于3.2μm，在缸套表面形成均匀一致的凸凹痕迹（缸壁的表面有60°可见网纹，缸壁呈泛灰蓝色）；气缸的圆度误差应不大于0.005mm，圆柱度误差不大于0.015mm；同时要保证气缸与活塞之间合适的配合间隙。

在珩磨过程中要随时注意检查气缸的尺寸。一般用量缸表或用活塞试配加工尺寸变化情况。但应注意，加工过程中所产生的切削热量，可能影响到气缸直径的变化，测量时要考虑这一因素，用活塞试配要在珩磨加工结束半小时以后进行。活塞与气缸配好后，应在活塞顶部打好缸号，以防装配时错乱。



**你学会了吗?**

1. 为了防止出现漏镗情况、减小镗削量，一般会采用哪一种定心方法?
2. 同心镗缸和偏心镗缸哪一种更理想？为什么?

## 第10天　气门铰削与研磨



**学习目标**

1. 了解气门铰削、研磨的工艺流程
2. 掌握气门铰削、研磨的基本技能



**基础知识**

柴油机气门座圈在工作中由于承受高温、高压气体侵蚀和连续冲击载荷的作用，工作面磨损在所难免。工作锥面容易出现麻点、凹坑、金属剥落、磨损变宽等现象，造成气门关闭不严，缸压下降，柴油机动力不足。当气门下沉量超差（表3-2），或气门座圈损坏时，必须更换气门座圈。

表 3-2　柴油机气门下沉量

| 柴油机型号 | 气门下沉量/mm | |
| --- | --- | --- |
| | 进气门 | 排气门 |
| NT855 | ≥3.18 | ≥1.59 |
| 135G | 1.45～2.25 | |
| OM402 | 0.7～1.1 | |
| F6L912 | 5.078～5.681 | |
| WD615 | 1.8 | |
| 6135K | 1.45～2.25 | |


**实际操作**

## 一、气门座圈更换

**1. 拆卸**

（1）采用拉出器　气门座圈拉出器是一种专用工具，如图 3-3 所示，可自制。拆卸效率高、不会损坏缸盖。

（2）加热法　如锈蚀严重或没有专用工具时，可采取直接加热座圈（如使用乙炔焊加热座圈或直接在座圈上堆焊一层金属的方法等使其升温，待其自然冷却后发生收缩，而后撬出。

（3）砸出法　如用以上方法仍不能取出座圈，则可采取下述方法取出。将旧气门头部用砂轮磨成比气门座略小，然后将气门和座圈焊接在一起，再用锤子将气门和座圈一起打出。

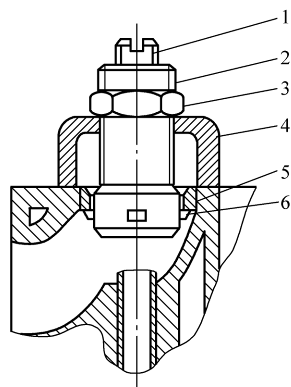


**图 3-3　气门座圈拉出器**

1—调整顶杆　2—拉气体　3—螺母　4—支架　5—气门座圈　6—拉爪

**2. 装配**

在装配新气门座圈时，要测量确认座圈孔与座圈之间的配合是否符合要求。一般情况下进气门座圈与座圈孔的过盈量为 0.075～0.12mm，排气门的为 0.10～0.16mm。镶入座圈后的端面低于缸盖平面的尺寸也应符合要求，否则应修整座圈高出部分。气门座圈的材料为耐热铸铁，如直接安装，往往会将座圈砸裂或镶不到位，损伤座孔。为避免机件损坏，可采取以下两种方法。

（1）冷缩法　有条件的可将座圈放入－196℃的液氮中保持 15～20s，而后迅速放入座圈孔内。如无条件，可将座圈置于－30℃的冷柜内保持 2h 以上，取出后迅速装入座孔即可。

（2）加热法　也可加热座圈孔到 100～180℃，再垫以软金属迅速将座圈压入座圈孔内。加热时最好缸盖整体加热，以防缸盖受热变形。

## 二、气门铰削步骤




图 3-4　气门铰刀

1）修理气门座前，应检查气门导管，若不符合要求应先更换或修理气门导管。**严禁在气门铰削、研磨完成后更换气门导管，这会使气门密封性难以保证。**

2）按气门头部直径和气门座各锥面角度选择一组合适的气门座铰刀（图 3-4）。按气门导管内径选择合适的气门座铰刀杆，铰刀杆插入气门导管应转动灵活而不松旷。

3）先用 45°铰刀加工气门座工作锥面，直到工作面全部露出金属光泽。

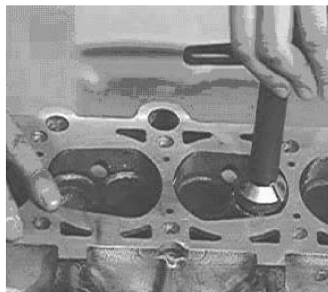


图 3-5　气门铰削

**注意**：如图 3-5 所示，铰削时两手握住手柄垂直向下用力，并只作顺时针方向转动，不允许倒转或只在小范围内转动。

4）然后用修理好的气门或新气门进行初研试配，根据气门密封锥面接触环带的位置和宽度进行调整铰削。接触环带偏向气门杆部，应用 75°的铰刀铰削；接触环带偏向气门顶部，应用 15°的铰刀修正。45°工作面铰刀和 15°以及 75°锥面铰刀交替反复铰削，才能使工作面的位置和宽度达到规定的技术要求。

**位置要求**：如图 3-6 所示，气门工作面位置应在气门头斜面的中间略偏向气门杆方向。

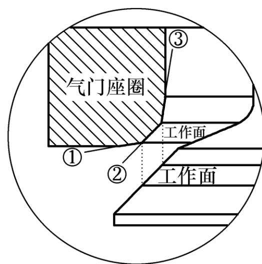




图 3-6　气门工作面

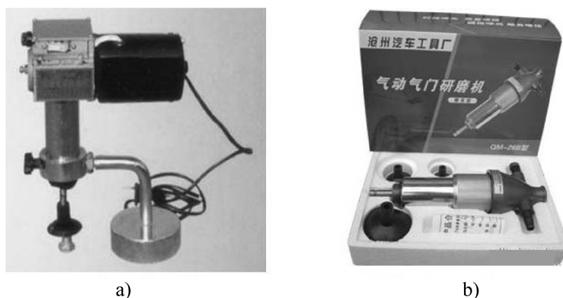
①—15°铰刀加工面　②—45°铰刀加工面　③—75°铰刀加工面

**环带宽度**：进气门－1.0～2.2mm，排气门－1.5～2.5mm（仅供参考，具体车型准确值查阅相关维修资料）。

## 三、气门座的研磨

气门座圈经过铰削，工作面仍然较粗糙，必须进行研磨。具体操作如下。

1）先使用粗砂（凡尔砂）研磨出一条平整、无斑点痕迹的接触线带，然后洗去粗砂，换上细砂研磨。直至气门座及气门头的工作面均出现一条整齐而呈灰色无光泽的环带，再洗去研磨膏，用机油拍磨片刻即可。气门研磨机有电动和气动两种，如图 3-7 所示。无条件时，气门也可以手工研磨。




a)　　b)

**图 3-7　气门研磨机**

a）电动气门研磨机　b）气动气门研磨机

2）密封性能试验

① 油浸检查　先将气门组零件按技术要求组装好，再从气门孔注入柴油或煤油，等待 3 ~5 分钟后观察气门和气门座的结合面，若无渗漏现象，则表明密封性能良好，研磨质量合格。

② 印油检查　在气门头锥面上薄薄地涂一层印油，然后将气门放在气门座上旋转 1/4 圈，如看到气门座环带全部染上印油，且十分整齐，则表明密封性能良好，研磨质量合格。



## 特别提示

1）在研磨操作过程中，绝对不允许研磨纱（或研磨膏）落入气门导管与气门杆之间，以防损坏气门杆与导管的密封性能。

2）研磨后的气门要做好标记，不得窜装。气门密封性不只是与工作面状况有关，气门导管间隙过大、气门下沉量过大、气门弹簧弹力减弱均会影响气门密封性。



## 你学会了吗?

1. 气门工作面位置应是怎样的? 工作面宽度大约是多少?
2. 气门座圈的常用安装方法有哪些? 如何操作?

# 第四章

# 柴油机的保养

## 第 11 天　柴油机保养规范

### 学习目标

1. 掌握柴油机日常维护的作业内容和操作方法
2. 掌握柴油机定期保养作业内容和操作方法

### 基础知识

柴油机保养分为日常维护和定期维护两类。不同厂家保养技术规范会有一定差异，例如康明斯 ISL 系列发动机，把发动机保养分为 6 级，保养内容见表 4-1。

**表 4-1　康明斯 ISL 系列发动机保养规程**

| 保养级别 | 主要作业内容 |
| --- | --- |
| 日常维护 | ① 空气进气管检查与紧固。每天目测检查进气管有无磨损点、管路损坏、卡箍松动<br>② 检查冷却风扇。检查有无裂纹、铆钉松动、叶片弯曲；检查、紧固风扇固定螺栓<br>③ 曲轴箱呼吸器管。检查呼吸器管口有无泥污、碎屑或水蒸气；检查下排气量是否过大<br>④ 打开储气筒排污阀排污。如果压缩空气中有机油，应检查空气压缩机<br>⑤ 检查冷却液液位。根据需要添加防冻液<br>⑥ 每天排放油水分离器中的水和沉积物<br>⑦ 检查机油油位，不足时添加 |
| 16 000km（250h 或 3 个月） | ① 观察空气滤清器的空气阻力指示器，根据需要清洁或更换空气滤清器滤芯<br>② 检查空－空中冷器管路和软管有无泄漏、孔洞、裂纹或松动，如有必要，拧紧软管卡箍<br>③ 检查空－空中冷器有无堵塞散热片的污垢和碎屑。检查有无裂纹、孔洞或其他损坏 |

（续）

| 保养级别 | 主要作业内容 |
|---|---|
| 32 000km（500h 或 6 个月） | ① 更换燃油滤清器<br>② 更换机油滤清器<br>③ 检测冷却液添加剂（SCA）和防冻液浓度<br>④ 使用蓄电池放电仪对免维护蓄电池的充电状态进行加载测试。如果充电不足，使用蓄电池充电器给蓄电池充电<br>⑤ 拆下并检查蓄电池电缆和插头有无裂纹或腐蚀。更换断裂的端子、插头或电缆 |
| 64 000km（1000h 或 1 年） | ① 如果冷却风扇驱动带磨损或残缺，则进行更换<br>② 检查冷却风扇带张紧器 |
| 128 000km（2000h 或 2 年） | ① 用专用清洗剂清洗冷却系统<br>② 检查橡胶减振器，中央轮毂与外圆盘间是否相对移动；检查黏性减振器是否漏油或损坏<br>③ 蒸汽清洗发动机<br>④ 检查散热器软管有无裂纹、割伤或塌陷<br>⑤ 检查空气压缩机出气管，如果总积炭厚度超过 2mm，清洗并检查空压机缸盖 |
| 241 500km（5000h 或 4 年） | ① 完成顶置机构调整<br>② 完成发动机制动器调整 |



## 实际操作

### 一、日常维护作业

日常维护以检查紧固为中心，内容包括检查外部零件有无松动或损坏；检查传动带是否磨损或损坏；检查发动机外观有无异常；检查有无燃油泄漏；检查发动机有无异响等。具体检查作业内容如下。

1）如图 4-1 所示，检查进气管有无损坏、卡箍松动等迹象。

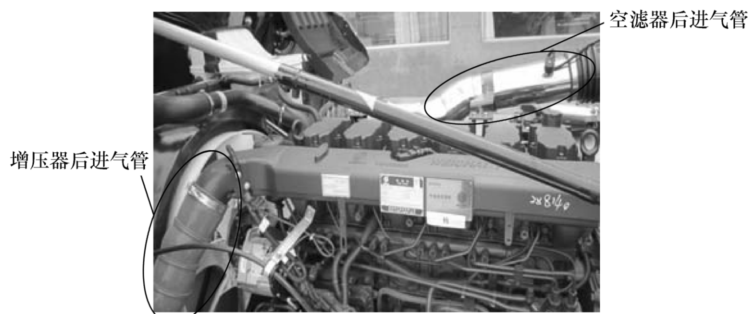



**图 4-1　进气管的检查**

2）如图 4-2 所示，检查冷却风扇有无裂纹、铆钉松动、叶片弯曲或损坏。检查风扇固定螺栓，必要时，拧紧螺栓。

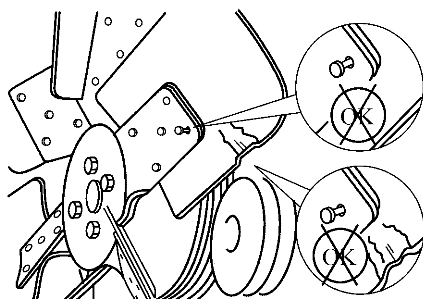



图 4-2　风扇的检查

3）如图 4-3 所示，检查呼吸器管口是否排油或排水。发现异常应查明原因。

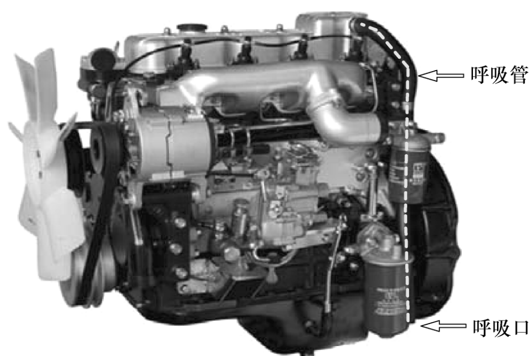



图 4-3　柴油机呼吸管

4）检查冷却液液位，必要时添加。注意：不要在发动机温度较高的时候添加防冻液（图 4-4），以防止损坏发动机机件。添加冷却液水温度应低于 50°为宜。

5）油水分离器放水。燃油中的水会造成燃油系主要机件损坏。当仪表燃油含水警告灯点亮时，应开启排水阀、放掉分离器中的水，直到看见清洁的燃油流出，再将放水阀拧紧，如图 4-5 所示。



图 4-4　添加防冻液



图 4-5　燃油滤清器放水

6）机油油位检查（图 4-6）。检查机油油位时，确认发动机水平放置，发动机停机 15min 后，再拔出油尺检查机油油位，不足时适量补充机油。

**注意**：严禁在机油油位低于下限或高于上限时运转发动机，这会导致发动机损坏。

## 二、柴油机定保作业

### 1. 燃油滤清器

燃油滤清器要用专用拆装工具拆卸。对于 10μm 粗滤器，安装之前滤清器中应加注燃油。对于 5μm 以下精滤器，一些厂家不允许预注，而是要求在滤清器装复后使用输油泵完成预注。滤清器预注要保证清洁，如图 4-7 所示。

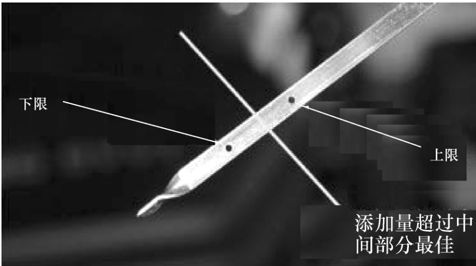



图 4-6　机油油位检查




图 4-7　滤清器预注

**注意**：

◇ 滤清器拧得太紧会造成螺纹变形、滤清器损坏。

◇ 柴油是易燃品，不得在作业区吸烟或使用明火（如标灯、电气开关或焊接设备）。

### 2. 更换机油及滤清器

机油更换应在热机条件下进行。运转发动机直到冷却液温度达到 60℃以上后，关闭发动机，拆下放油螺塞，将机油放净。这样操作可以保证机油中杂质不会沉淀下来、残留在发动机内部。定保作业时更换机油，同时更换机油滤清器。机油滤清器应用清洁机油预注，安装时在密封圈上均匀涂抹机油（图 4-8），防止密封圈损坏。

更换滤清器和机油后，应使发动机怠速运转，检查放油螺塞及滤清器有无泄漏。关闭发动机，大约 10min 后，再次检查油位。

### 3. 防冻液浓度检测

使用折射仪（图 4-9）测量乙二醇浓度。防冻液是乙二醇和水按一定比率混合而成，乙二醇浓度高低决定了防冻液防冻性能。防冻液一般使用两年就需要更换。



图 4-8　密封圈涂抹机油

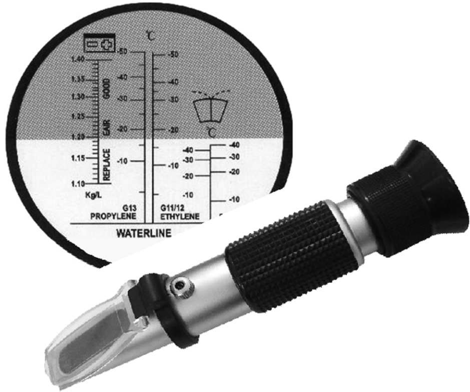



图 4-9　折射仪

表 4-2 反映了防冻液密度与冰点关系，乙二醇浓度越高冰点越低。

**表 4-2　防冻液密度与冰点关系**

| 密度(20℃)/(g/cm³) | 冰点/℃ | 乙二醇体积分数/(%) |
|---|---|---|
| 1.034 | －10 | 26.4 |
| 1.051 | －20 | 36.4 |
| 1.063 | －30 | 45.6 |
| 1.071 | －40 | 52.1 |
| 1.078 | －50 | 58 |

**注意**：任何气候下都必须使用防冻液。它增加了发动机的工作温度范围，即降低了冷却液的冰点也升高了冷却液的沸点。防冻液内的防腐剂防止冷却系统部件被腐蚀，延长了部件的使用寿命。

**4. 空气滤清器保养**

空气滤清器后的进气管上多装有空气滤清器阻塞指示器（图 4-10），当其指示达到红区时，应拆下滤清器进行清洁、保养（图 4-11）。必要时更换空气滤清器滤芯。

采用压缩空气清洁空滤器滤芯，注意由内向外吹，不得由外向内吹。




图 4-10　空气滤清器阻塞指示器

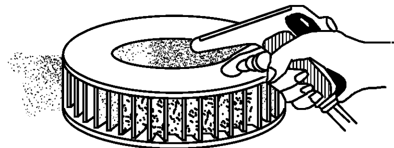


图 4-11　清理空滤器滤芯

**5. 检查中冷系统**

检查中冷器管路和软管有无泄漏、松动或损坏；检查中冷器散热片是否被污垢和脏污堵塞。检查中冷器有无裂纹、孔洞或其他损坏。

**6. 蓄电池检查**

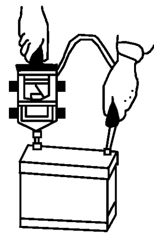


图 4-12　检测蓄电池电量

（1）电量检测　使用放电仪对免维护蓄电池的充电状态进行加载测试，如图 4-12 所示。必要时为蓄电池补充电。

（2）液位检查　如果使用的是常规蓄电池，拆下注液盖，清理通气孔，检查电解液（硫酸与水的混合液）液位，液面没过极板 16～20mm 为宜（透明壳体上一般有刻线，液面应处于上、下限之间）；必要时添加蒸馏水（正常情况下蓄电池消耗的是纯水）。

（3）检测电解液浓度　检测电解液密度用于判断蓄电池电量。电解液浓度与电量关系见表 4-3。

**表 4-3　蓄电池密度与存电量**

| 密度(25℃)/(g/cm³) | 判断 | 处理方法 |
|---|---|---|
| 1.300 以上 | ①过充电<br>②补充液错误 | 用纯水或蒸馏水 |
| 1.250 ~ 1.280 | 良好 | 可以使用 |
| 1.220 ~ 1.250 | 容量已消耗 30% | 补充电 8 ~ 12h |
| 1.180 ~ 1.220 | 容量已消耗 50% | 车下充电 12 ~ 18h |
| 1.150 ~ 1.180 | 容量已消耗 70% | 车下充电 18 ~ 24h |
| 1.100 ~ 1.150 | 容量已消耗 90% | 充电观察 24 ~ 48h |
| 1.100 以下蓄电池 | 100% | 充电 24 小时，6 单格还不到 2.4V，蓄电池报废 |

（4）蓄电池补充电（图 4-13）　充电电流设置为容量的十分之一，如 6 – QA – 105S 电池，额定容量为 105A·h，补充电电流为 $105 \times 10\% = 10.5A$。

充电时间 8 ~ 10h。

充电完成后检测电解液密度为 1.28g/cm³（25℃）为合格。

**注意**：蓄电池可能会逸出氢气、氧气。这些爆炸性气体，遇到火花就会爆炸。为防止爆炸，在维修蓄电池之前，必须保持充电室内通风良好。为避免产生电弧，应最后连接蓄电池负极电缆，充电完成后最先拆负极电缆。



图 4-13　蓄电池补充电



**你学会了吗?**

1. 柴油机日常维护作业内容主要有哪些?
2. 蓄电池补充电电流如何设置? 充电时应注意些什么?

# 第 12 天　柴油机油料及选用



**学习目标**

1. 掌握柴油机油牌号及选用方法
2. 掌握防冻液选用方法



**基础知识**

## 一、柴油机油及选用

**1. 柴油机油的质量等级**

机油的质量等级，代表着机油品质好坏。不同的柴油机要求使用的机油质量等级会有不同。一般而言，性能越好的柴油机，要求使用的机油质量等级也越高。在GB11122—2006 标准中，将柴油机油分为 6 个品种：CC、CD、CF、CF-4、CH-4、CI，按照排列顺序质量等级逐级提高，即 CC 级最低，CI 级最高。柴油机油是由基础油添加一定量的添加剂制成的。基础油分为矿物油及合成油两种。最高档的油属合成油。二者最大差别在于：合成油使用的温度更广，使用期限更长，而成本更高。

添加剂用于改善机油的性能。如清净分散添加剂有助于固体杂质扩散、控制大的沉淀物形成，这是油道自洁能力形成的基本条件。稠化剂用于改善油品的黏温特性，使油品高温黏度不至于过小而影响油膜形成，而低温黏度不至于太大而失去流动性，黏温特性对于保障在不同温度条件下的润滑至关重要。抗泡沫剂有防止泡沫形成的作用。润滑油形成泡沫对油膜有破坏作用。抗氧化剂防止油品变质。另外机油中还有防腐剂、极压剂、防锈剂和金属钝化剂等。

可见不同的柴油机油品种，基础油可能是相同的，差异在于添加剂。质量等级高的柴油机油，添加剂量和品种都高于低等级的油品。因此我们应严格按着使用说明书要求进行选择油品质量等级。高等级的柴油机油可以代替低等级的，而低等级的柴油机油不可用来代替高等级的。例如一台柴油机要求使用 CF-4 级机油，可用 CH 级机油代替，但CF 级的则不可以使用。

**2. 柴油机油的黏度牌号**

机油的黏度大小用黏度牌号来表示。在 GB11122—2006 标准中，每个柴油机油品种可以有 19 个黏度牌号可供选择。这 19 个黏度牌号是 0W-20、0W-30、0W-40、5W-20、5W-30、5W-40、5W-50、10W-30、10W-40、10W-50、15W-30、15W-40、15W-50、20W-40、20W-50、20W-60、30、40、50、60。在这些牌号中，“W”表示 winter（冬季），表示可在低温条件下使用。其前面的数字代表低温黏度大小，越小说明机油的黏度越稀，流动性越好；可供使用的环境温度越低；在低温环境冷起动时，油膜形成越迅速。“W”后面的数字代表机油高温黏度大小，数值越大说明机油在高温下的黏度越大。只有数字的黏度牌号，如 30 代表机油只满足高温条件下的黏度要求，这类机油一般只用于环境温度较高的条件。在我国北方冬季时期，此类机油就不可用，因为此类机油在低温时黏度较大，甚至失去流动性，不能满足润滑需要。根据黏度牌号不同，机油可分为单级机油和多级机油两类。

（1）单级机油　像 SAE30、SAE40、SAE50、SAE60 等，这类机油只规定了高温条件下的黏度指标，因此在北方仅用于夏季，或在温度较高的南方地区常年使用。

（2）多级机油　如 0W-20、0W-30、0W-40、5W-20、5W-30、5W-40、5W-50、10W-30、10W-40、10W-50、15W-30、15W-40、15W-50、20W-40、20W-50、20W-60 等，这类机油兼顾了高温和低温性能，因此可以在不同的气候条件下常年使用。使用多级机油

可以减少堆积物的生成，改善发动机低温起动性能，从而提高发动机的耐久性。

机油的黏度牌号选用，发动机厂均会给出建议或选用方法。例如康明斯发动机，机油黏度牌号选定依据图 4-14 进行。华北地区全年环境温度变化范围约为 -13℃ ~36℃，因此应选用 15W-40（或 5W-40）为合适。

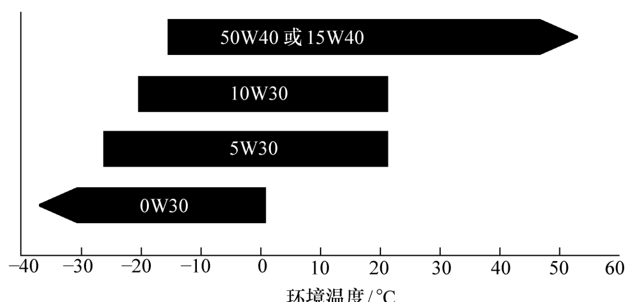



**图 4-14　不同机油黏度牌号机油适用环境温度范围**

**3. 通用内燃机油**

即汽、柴油通用机油。这种机油同时满足汽油机品种和柴油机品种的性能指标，例如 CF-4/SJ5W-30 通用机油，用于柴油机相当于 CF-4，用于汽油机相当于 SJ 级别。5W-30 表示机油为多机油。

## 二、防冻液及选用

**1. 防冻液功用**

（1）防冻功能　防冻液可以防止寒冷季节停车时，冷却液结冰而胀裂散热器和冻坏发动机气缸体，但防冻液不仅仅是冬天使用，而要常年使用。汽车正常的保养项目中，每行驶 1 ~ 2 年，需更换一次防冻液。除防冻外，防冻液还具有防腐蚀、防止结垢等功能。

（2）防腐蚀功能　发动机及其冷却系统是金属制造的，如铜、铁、铝、钢等。这些金属在高温下长时间与水接触，就会腐蚀、生锈。而防冻液添加了特定的防腐蚀成分，使得防冻液不仅不会对发动机冷却系统造成腐蚀，还具有防腐和除锈功能。

（3）防水垢　用水作冷却液会形成水垢附着在散热器、水套的金属表面，使散热效果越来越差，而且清除起来也很困难。优质的防冻液采用蒸馏水制造，并加有防垢添加剂，具有防垢功能。

（4）提高了沸点　水的沸点是 100℃，优质防冻冷却液的沸点通常在 108℃以上，这样在夏季使用，发动机不易开锅。

**2. 防冻液的浓度与选用**

防冻液是由乙二醇与水按照一定的比例混合配制而成。乙二醇是一种无色、透明、稍有甜味和具有吸湿性的黏稠液体，它能以任何比例与水相溶。乙二醇沸点高，挥发性小，黏度适中并且随温度变化小，热稳定性好。优质的防冻液冰点可达 -60℃左右。乙二醇的浓度不同时，冰点亦不同。表 4-4 列出了不同混合比例的防冻液的冰点。防冻液选用的原则是，**冰点应比环境最低温度低 10℃左右为宜。**

**表 4-4　防冻液浓度与冰点**

| 乙二醇体积分数(%) | 冰点/℃ | 密度(20℃时)/(g/cm³) |
|---|---|---|
| 28.4 | -10 | 1.034 |
| 32.8 | -15 | 1.0426 |
| 38.5 | -20 | 1.0506 |
| 45.3 | -25 | 1.0586 |
| 47.8 | -30 | 1.0627 |
| 50 | -35 | 1.0671 |
| 54 | -40 | 1.0713 |
| 57 | -45 | 1.0746 |
| 59 | -50 | 1.0786 |
| 80 | -45 | 1.0958 |
| 85 | -30 | 1.1001 |
| 100 | -13.1 | 1.113 |

**3. 防冻液的成分**

防冻液具有冬天防冻，夏天防沸，全年防水垢，防腐蚀等优良性能。防冻液内除了水和乙二醇外，还含有添加剂以防止乙二醇氧化、腐蚀、产生泡沫等。

消泡剂的作用：汽车发动机在运转过程中，由于振动使空气进入防冻液中，产生一定的泡沫，这样就影响了散热效率。在防冻液中加入适量消泡剂，可以起到消泡作用。消泡剂主要使用烷基非离子型表面活性剂，一般有用失水甘油醚、醇类和硅酮等。

着色剂的作用：着色剂的质量分数一般在0.01%～0.05%范围。它便于检查泄漏，同时具有试剂的用处，便于观察防冻剂的酸碱度变化。一般比较常用的有甲基红、酚红、亮蓝等。如果观察颜色与指示颜色不相符，就说明防冻剂已呈酸性，酸性则起不到防冻防锈作用。

杀菌防霉剂的作用：由于防冻液在储藏过程中容易产生微生物，为了抑制微生物的生长、防止发霉变质，需要加入少量的杀菌防霉剂，保障防冻液在储藏期2～3年之间不发生霉变。常用的防霉剂是苯甲酸钠。

缓蚀剂的作用：由于防冻液在工作过程中pH值会下降，介质会变酸，而加入缓蚀剂可以使pH值控制在一定范围，常用的pH调节剂有有机胺类、磷酸盐类等。

**4. 防冻液使用注意事项**

除了选好防冻液，在防冻液的使用过程中，还应注意以下几个方面。

1）尽量使用同一品牌的防冻液。不同品牌防冻液不可混用。

2）防冻液的有效期多为两年，添加时应确认该产品在有效期之内；更换时应放净旧液，将冷却系统清洗干净后，再换上新液。

3）不可用自来水稀释防冻液，以免自来水中的水垢、杂质和防冻液中的添加剂起反应，生成沉淀。

4）防冻液应常年使用，不要夏季用水，以防发动机锈蚀、结垢。



## 你学会了吗?

1. 柴油机油黏度牌号依据什么选择?
2. 防冻液主要成分有哪些?防冻液更换周期一般是多少?

# 第五章

# 柴油机装配必知必会

## 第 13 天　曲轴飞轮组装配必知必会



**学习目标**

1. 了解柴油机装配前的准备工作内容
2. 掌握柴油机曲轴飞轮组装配的基本要领



**基础知识**

柴油机的装配是把合格的零件、组合件、总成按一定的技术要求和工艺顺序组装成柴油机的过程。装配质量的好坏，直接影响着柴油机使用寿命。

### 一、柴油机装配前的准备工作

1）柴油机装配前必须认真清洗零件和工具，保持装配场所的清洁。

2）待装零件、组合件、总成件应经过检查、测试，确认能够继续使用；对报废机件应换新件。

3）完成对轴瓦间隙、缸壁间隙等关键装配数据的测量，确认在标准范围之内；不符合技术要求的，应及时处理。

4）工作台、机件应摆放有序，并按规定配齐衬垫、螺栓、螺母、垫圈、开口销，并准备适量的密封胶及机油、润滑脂等常用润滑材料。

### 二、油污的清除

汽车用润滑油主要是矿物油，其油污在酸液中是不可溶的，只能形成乳浊液，因此一般采用碱溶液进行清洗。

**1. 钢铁零件的清洗**

钢铁零件清洗对象主要是矿物油类的油污，属非水溶性的，可采用碱溶液中加入少量乳化剂，经加温后清洗零件。油对金属的附着力很大，当油污接触碱溶液后生成乳浊液，降低了附着能力。当零件加热后，这种乳浊液内分子运动加快，容易在金属表面分解，达到清除油污的目的。溶液的循环流动也会加快除油过程，如采用压力喷射，除油效果更佳。

为了减少碱溶液对金属零件的腐蚀，还需用加热的清水喷射，以冲洗金属表面残留的碱溶液。钢铁零件常用清洗剂配方见表 5-1。

**表 5-1　钢铁件清洗配方**

| 序号 | 成分 | 重量 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 苛性钠（NaOH） | 0. 75kg |
| 2 | 碳酸钠（$Na_2CO_3$） | 5kg |
| 3 | 磷酸三钠（$Na_3PO_4$） | 1kg |
| 4 | 液态肥皂 | 0. 15kg |
| 5 | 水 | 100kg |

常用碱溶液的清洗设备有煮水池和喷洗机两种。

（1）煮水池　煮水池是用耐腐蚀钢板焊接而成。碱液一般用蒸汽或炉火加热。零件清洗时，大型零件可以吊入；小零件可置于网栅栏中，便于清洗后提取。为了清洗零件表面的有害液体，从碱水池中提出的零件必须用清水冲洗一遍，然后吹干。

（2）清洗机　为了提高清洗效果和减少清洗时间，还可采用喷洗方法。如单室旋转式清洗机就是一种常用的清洗机。这种清洗机的喷嘴是固定不动的，而清洗的零件盛放在旋转盘上，随旋转盘一起转动。钢铁零件还可以用有机溶剂清洗，清洗的效果比碱溶液强，它可以除去零件表面的各种油污。常用的有机溶剂有工业汽油、煤油和柴油等。其优点是使用简便，对金属无蚀损，但清洗成本高且易燃，一般用于较精密零件的清洗，如高压油泵喷油器和液压挺柱等。

**2. 铝合金零件的清洗**

现代柴油机为了减轻自重而广泛采用铝合金零件。油污对铝合金的黏附力比钢铁件要小，相对来说铝合金零件较易清洗。目前，碱溶液的主要成分是苛性钠，它对铝合金有强烈的腐蚀作用。如活塞和铝合金气缸盖等均不得在碱溶液中清洗。这些零件，一般可采用有机溶液，如煤油、柴油、工业汽油或工业清洗剂来清洗。对于修理铝合金零件较多的企业，应专门配制铝合金清洗液。一般可以采用硅酸钠或碳酸钠溶液加少量重铬酸钾来配制。清洗时，同样也应加温到 60～70℃，以便获得最佳效果。铝合金零件常用清洗剂配方见表 5-2。

**表 5-2　铝合金件清洗配方**

| 序号 | 成分 | 重量 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 碳酸钠（$Na_2CO_3$） | 1kg |
| 2 | 重铬酸钾（$K_3Cr_2O_7$） | 0. 05kg |
| 3 | 水 | 100kg |

## 三、积炭的清除

柴油机的气缸盖、活塞顶、活塞环槽、气门头部、进排气歧管等零件表面，会牢固地粘着一层积炭。积炭减少了燃烧室的容积，并在燃烧过程中形成许多炽热点，易发生早燃现象，破坏柴油机的正常工作。此外，积炭可以粘结在活塞顶形成新的磨料，加速机件磨损。

积炭是燃料和润滑油在高温富氧条件下形成的产物。在柴油机工作时，燃油和窜入燃烧室中的润滑油，以及未燃烧成分在氧和高温的作用下，形成树脂状胶质黏附在零件表面，又经过高温的作用，进一步缩聚成沥青质、油焦质和炭青质的复杂混合物，即积炭。积炭的清除通常用机械方法和化学方法，二者也可并用。

（1）机械法清除积炭　根据零件的形状和部位，利用专用的金属丝刷装在手电钻上对积炭零件进行刷洗，或用刮刀直接刮除。

（2）化学法清除积炭　利用化学溶剂与积炭发生化学和物理作用，使积炭层结构逐渐松弛变软，软化的积炭容易用擦洗或刷洗方法清除掉。清洗用的化学溶液与除油所用的碱溶液作用原理基本相同。

## 四、水垢的清除

水垢会使冷却系统散热效率下降、导致发动机高温。水垢的去除即可采用酸洗法，亦可采用碱洗法，因为酸或碱性溶液对水垢均有溶解作用。

## 五、柴油机装配的一般原则和要求

1）柴油机装配一般以气缸体为基础，依次装复曲轴飞轮、活塞连杆、凸轮轴与齿轮室、缸盖及附件等部件。

2）装配过程中，应尽可能使用专用工具。

3）有装配记号和方向性要求的零件，必须按记号、正确方向装配。

4）运动零件的配合表面，在装配时必须涂抹润滑油。

5）过盈配合零件装配时，应使用压床或专用的压入工具。如需在零件表面施以压力或锤击时，必须使用铜棒或胶锤。

6）各部位的密封衬垫和油封，装配时，维修手册没有特殊说明的，必须换用新件。

7）拧紧螺栓、螺母时，应使用合适的扳手按一定顺序、分数次拧紧。对有规定力矩的螺栓、螺母，应用扭力扳手按规定力矩柠紧。

8）装配作业要保证各密封部位的严密性，无漏油、漏水、漏气现象。

9）柴油机总成拆散以后，应进行彻底清洗，去除油污、积炭、水垢和锈蚀等。对于不同的零件和不同的污垢要采用不同的方法清除。零件清洗后，采用检视法、测量法和探伤法等，按照维修技术标准要求，将零件分为可用零件、需修零件和报废零件 3 类，然后把具有修复价值的可修件修理好；报废件换新；可用件妥善存放，为柴油机总装做好准备。



**实际操作**

## 一、机体装配前清洗

柴油机装配前，机体可用汽油或柴油将机体置于油槽之中进行清洗，内外部分别进行，如图 5-1 所示。



内部清洗



外部清洗

图 5-1 机体清洗

主油道应用专用长条布带，或专用细长毛刷进行清理，清洗后应确认油道内没有污染物残留（图 5-2）。

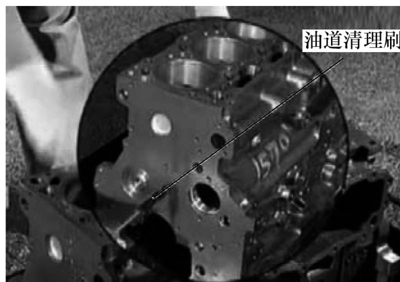



图 5-2 油道清理

## 二、曲轴与轴承的安装

1）将气缸体置于工作台或翻转架上，用压缩空气将清洗后的气缸体和曲轴吹干，油道应重点吹扫，如图 5-3 所示。

2）将机体倒置，把主轴瓦上瓦片装于轴承座孔中，确认定位吐舌正确入位。最后在每片瓦上涂抹机油（图 5-4）。

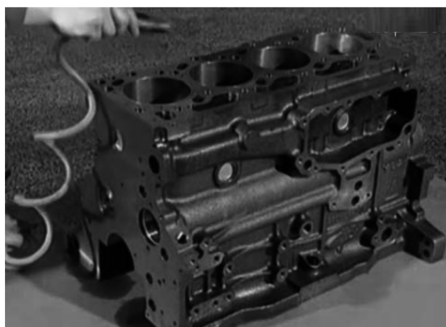


图 5-3 清洗后吹干

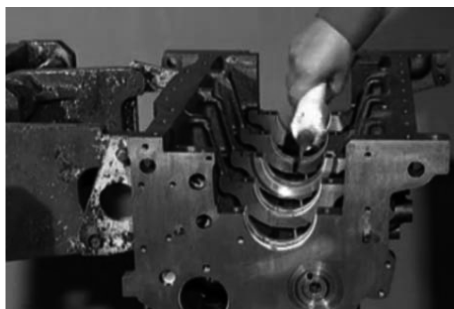


图 5-4 润滑轴瓦

**注意：**

◇瓦背不得涂抹机油。

◇如果瓦片为旧件再用，要保证原位装复，不得换位安装。检查瓦片弹量，用力压入为合适，如果无需用力瓦片即可入位，说明弹量不足，应该换新件。

◇通常主轴瓦上瓦有油孔，而下瓦没有油孔，不得装错。

◇一些柴油机各道瓦片零件号可能会不同，注意区分不得装错。

3）将曲轴置于气缸体轴承座孔内，曲轴较重时应使用吊装设备。将下瓦片装入轴承盖中，确认定位吐舌正确入位。最后在每片瓦上涂抹机油（图 5-5）。轴承盖按正确位置和方向装在气缸体上。如图 5-6 所示，多数柴油机主轴承盖上的箭头指向发动机前端（以维修手册说明为准）。

4）由中间向两端摇紧各道轴承盖螺栓，然后用扭力扳手分 3 次（或以上）拧紧至规定扭矩。**拧紧后，用一只手扳动曲轴，曲轴应以转动自如为宜，否则应查明原因、处理。**

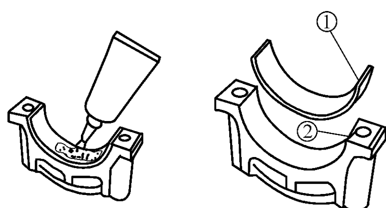



**图 5-5　下瓦片安装与润滑**

①—定位凸舌　②—定位凹槽

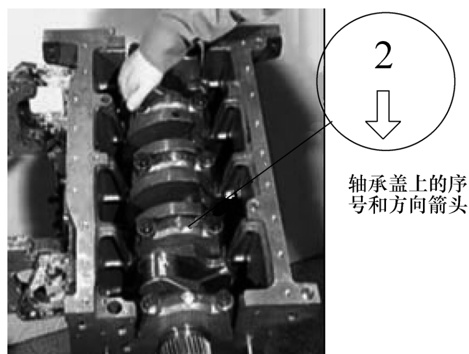



**图 5-6　主轴承盖上的序号和方向标示**

**注意：**

◇每个轴承盖的两个螺栓应交替拧紧，以便于轴承盖顺利入位。

◇用于曲轴轴向定位的止推片应在安装轴承盖时装入，注意装配方向：有含油槽的一侧朝向曲轴。有些柴油机采用翻边瓦（即止推片与瓦片制成一体），整体安装。

◇主轴承盖螺栓扭紧次序和力矩标准应按维修手册要求进行。例如康明斯 ISM 发动机按下列步骤拧紧主轴承螺栓。

步骤 1　68N · m［50lbf · ft］。

步骤 2　完全松开。

步骤 3　68N · m［50lbf · ft］。

步骤 4　拧紧 180°。

螺栓拧紧顺序如图 5-7 所示。

5）检查曲轴轴向间隙（图 5-8），是否符合技术要求。如不符合规定，应进行处理。

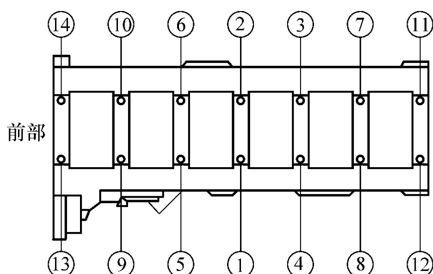



**图 5-7　康明斯 ISM 柴油机主轴承螺栓扭紧次序**

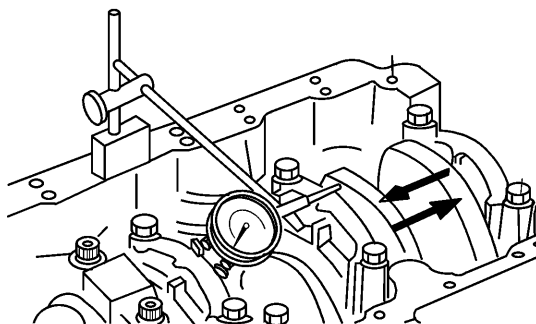


图 5-8　曲轴轴向间隙检测

6）装曲轴后油封。如图 5-9 所示，油封与油封座间应涂抹密封胶，油封唇口涂抹机油，然后使用专用安装工具将油封装入油封座，最后将油封座装到机体上。

**注意**：一些柴油机的油封座装在飞轮壳体上，曲轴后油封的装复应在装完飞轮壳体后进行。



图 5-9　安装曲轴后油封座

7）装飞轮壳体（图 5-10）。飞轮壳与机体间一般有两个定位销定位，不得漏装。

**注意**：

◇一些柴油机机体后平面设有凸轮轴塞堵、主油道油堵，安装飞轮壳体时应先将这些零件安装。

◇一些较小的机型，为便于操作，飞轮壳体和飞轮可以最后安装，装配中需要盘转曲轴时，可将飞轮暂时装上。

8）安装飞轮（图 5-11）。应交叉分数次拧紧飞轮螺栓至规定扭矩。安装飞轮前应对齿圈进行检查，必要时进行更换。



图 5-10　装飞轮壳体



图 5-11　安装飞轮

9）飞轮工作表面的端面跳动检测（图 5-12）。在飞轮后端面最外端进行测量，其跳动量应不大于 0.20mm（参考）。如果跳动量过大应查明原因，必要时更换飞轮。

**注意：**

◇飞轮上的定位销不得漏装，否则飞轮位置装错将会使飞轮上的正时标记失准。

◇紧固飞轮螺栓时，应将曲轴固定。

◇对于齿轮室前置发动机，在安装飞轮前应先完成飞轮壳、曲轴后油封装配；对于齿轮室后置发动机，在安装飞轮前，先完成飞轮壳、凸轮轴（中、下置式）、齿轮室、曲轴后油封装配。

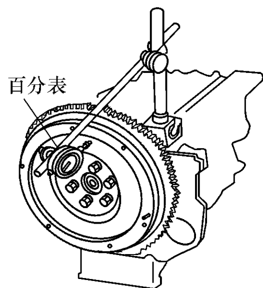



图 5-12　飞轮端面跳动测量



**你学会了吗？**

1. 发动机装配前应做到的工作有哪些？
2. 曲轴飞轮组装配基本要领有哪些？

## 第 14 天　活塞连杆组装配必知必会



**学习目标**

1. 了解柴油机活塞连杆组基本结构
2. 掌握活塞连杆组装配的基本要领



**基础知识**

活塞连杆组是发动机的关键部件（图 5-13）。活塞连杆组主要由活塞、活塞环、活塞销及连杆等组成。活塞顶承受气缸中的气体压力，并将此力通过活塞销传给连杆，以推动曲轴旋转输出动力。

**1. 活塞**

活塞把燃烧气体的压力传给曲轴，使曲轴旋转并输出动力。活塞的顶部还与气缸盖、气缸壁共同组成燃烧室。活塞的顶部直接与高温燃气接触，对活塞的要求是热膨胀系数小，导热性好和耐磨。活塞一般采用铝合金制作，个别柴油机也采用高级铸铁或耐热钢。活塞主要由顶部、头部和裙部组成。

（1）活塞顶部　活塞头部的形状与选用燃烧室有关。柴油机活塞顶多采用凹顶，凹坑的大小还可以调节发动机压缩比。

（2）活塞的头部　活塞头部是活塞环槽以上部分。其作用有承受气体压力，并传给连杆；与活塞一起实现气缸密封；将活塞顶所吸收的热量通过活塞环传给气缸壁。头部绝大多数采用三道环槽，用以安装活塞环，上面两道是气环，下面一道为油环。油环槽底面上钻有许多径向小孔，使被油环所刮下来的多余机油，经过小孔流回油底壳。

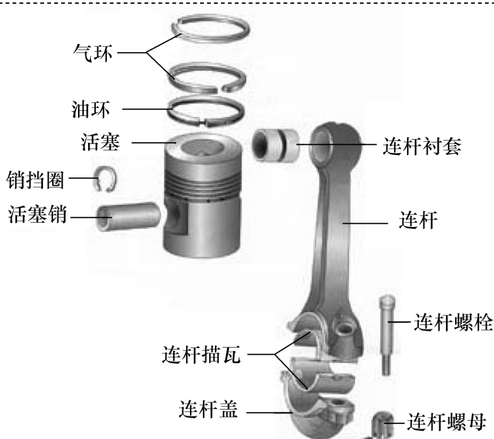


图 5-13　活塞连杆组

（3）活塞裙部　活塞裙部是指自油环槽下端面起至活塞底面的部分。其作用是为活塞在气缸内做往复运动导向和承受侧压力。一般活塞裙部与气缸壁间隙较小。

（4）活塞销座孔　活塞销座孔是将活塞顶部气体作用力经活塞销传给连杆。销座孔内有卡环槽，卡环用于活塞销轴向限位。

**2. 活塞环**

活塞环包括气环和油环两种。

（1）气环　气环的作用是保证活塞与气缸壁间的密封，防止高温高压燃气进入曲轴箱；同时还将活塞顶部的大部分热量传导给气缸，再由冷却液传入大气。活塞环工作时受到气缸中气体的高温高压作用。第一道气环的工作表面一般镀铬，以提高耐磨性。气环按着端面不同分为矩形环、梯形环、正扭曲环和反扭曲环等多种类型（图 5-14）。气环装配有方向性要求。

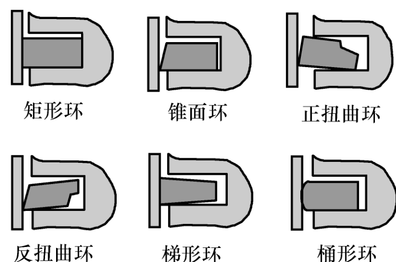


图 5-14　不同结构的气环

（2）油环　油环用于刮油、布油。活塞下行时，油环用来刮除气缸壁上多余的机油；活塞上行时为气缸壁上布一层均匀机油膜，减小活塞与气缸的磨损和摩擦阻力。

油环分为普通油环和组合油环。普通油环一般是由铸铁做成的，其外圆中间切有一道凹槽，在凹槽的底部加工有许多排油孔。组合油环由刮油片和两个弹性衬环组合而成。油环装配一般没有方向性要求。

**3. 活塞销**

活塞销的作用是连接活塞与连杆小端，将活塞承受的气体压力传递给连杆。活塞销为中空的圆柱体，一般采用低碳钢、低碳合金钢渗碳淬火或用 45 号中碳钢高频淬火制成。根据活塞销固定方式的不同，可分为全浮式或半浮式两种，其中全浮式应用普遍。

（1）全浮式　全浮式是指活塞销与连杆小端销孔、活塞销座孔均为间隙配合或过度配合。全浮式活塞销安装时，有时需要用热水加热。

（2）半浮式　半浮式活塞销与活塞销座孔间为过盈配合，与连杆小端销孔为间隙配合。半浮式活塞销装配时需要借助压力机完成。

**4. 连杆**

（1）作用　将活塞承受的力传给曲轴，从而使活塞的往复运动转变成曲轴的旋转运动。连杆承受活塞销传来的推力以及曲轴作用力，这些力的大小和方向都是周期性变化的，因此，连杆受到的是压缩、拉升和弯曲等交变载荷。

（2）组成　连杆一般由小头、杆身和大头三部分组成的。连杆通常由中碳钢或合金钢制成。连杆小端与活塞销相连，工作时与活塞销之间有相对运动，小头孔中装有铜衬套。有些机型连杆的小端和衬套上钻有油道孔，用来润滑活塞销。连杆杆身通常做成工字形断面，提高其强度和刚度。连杆大头与曲轴的曲柄销相连，大头一般作剖分式，被分开的部分称为连杆大端盖，连杆螺栓紧固在连杆大端上。连杆大端盖与连杆大头是组合镗孔，为了防止装配错误，在同一侧有配对记号或数字。大头孔表面加工精度很高，以便与连杆轴瓦紧密贴和。连杆大头和大端盖均铣有定位凹槽，用于连杆瓦定位。连杆大头按剖分面可分为平切口和斜切口两种。连杆螺栓是受交变应力作用的重要零件，安装时，必须牢固可靠，扭紧力矩符合厂家规定要求。



## 实际操作

**1. 连杆衬套的安装**

连杆衬套与连杆小端孔间为过盈配合，安装时应使用专用胎具在压力机上完成。连杆衬套有的是成品，装入后无需加工；有些是半成品的连杆衬套，装复后需要用专用铰刀进行加工（图 5-15）。

**2. 活塞与连杆间的连接**

如图 5-16 所示，将活塞放入 70 ~ 80℃的热水中加热（有些机型无需加热）数分钟后，迅速将活塞销装入活塞及连杆的销孔中，然后装上活塞销卡环。

**注意：**连接活塞和连杆时，应保证两者的朝前标志均指向发动机前部。

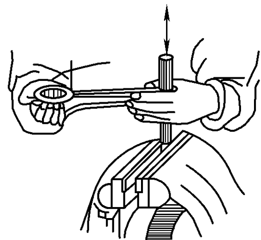


图 5-15　连杆衬套铰削

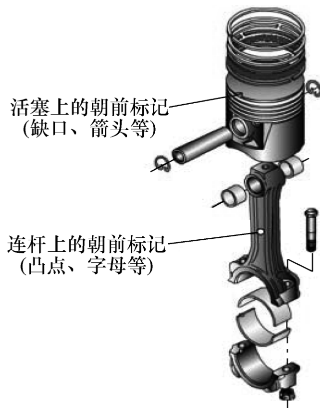



图 5-16　活塞与连杆上的朝前标记

**3. 活塞环的安装**

如图 5-17 所示，使用活塞环安装钳将各道活塞环装入环槽中。环装入后在环槽内应转动灵活、无卡滞现象。

**4. 活塞连杆组的装配**

活塞连杆组装配一般从 1、6 缸（6 缸机）开始，装配在下止点进行。每盘转一次曲轴完成两个气缸装配。具体操作如下（以 1 缸装配为例）

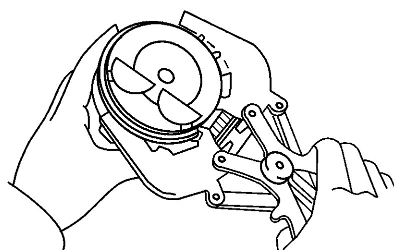


**图 5-17 活塞环安装**

1）盘转曲轴，至 1 缸下止点，用抹布擦拭连杆轴颈、气缸壁。

2）在连杆大端和连杆大端盖上装好连杆瓦，然后用机油润滑活塞裙部、活塞环、连杆瓦、活塞销和气缸壁。

3）整体式油环开口与两气环开口互错 120°，同时不要使开口处于活塞销附近；组合式油环，三道环的 4 个开口 4 等分均分圆周，如图 5-18 所示。

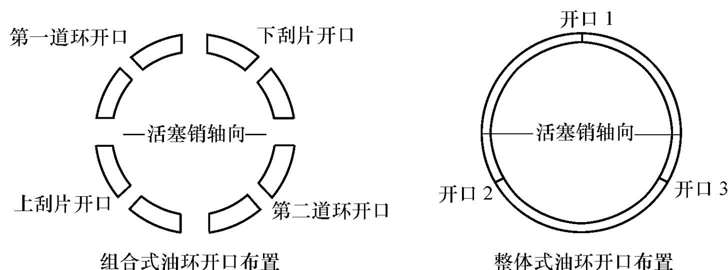



**图 5-18 活塞环开口布置**

4）将活塞连杆组按正确的方向置入气缸，然后使用专用的活塞环压缩器将活塞环压缩，然后用木锤把将其轻轻推入缸内，如图 5-19 所示。

**注意：**

◇不得使用金属冲头将活塞敲入缸套内。否则会损坏活塞环和缸套。

◇如果活塞不能顺利进入，拆下活塞并检查活塞环是否断裂或损坏。

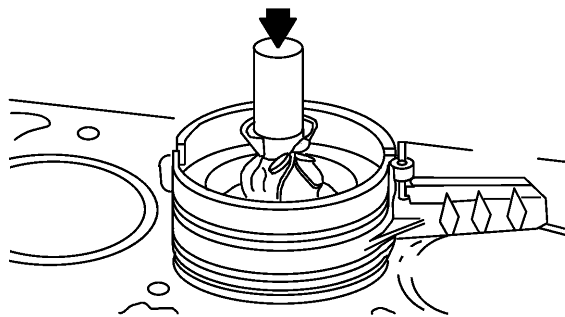


**图 5-19 活塞连杆组装入气缸**

5）装复连杆大端盖。将连杆和大端盖上印的相同字码同侧安装（图 5-20），然后按规定交替拧紧连杆螺栓至规定扭矩。

**注意：**

◇连杆装复后，用手轴向推动连杆大端，能感到微动为宜，如果完全感觉不到间隙，应查明原因。

◇同步两缸安装完毕后，应盘转曲轴检查阻力大小。如果阻力过大应查明原因。

◇所有各缸安装完成后，应将曲轴盘转到 1 缸上止点。

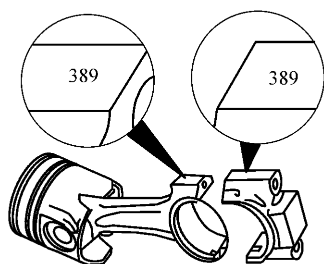



**图 5-20　相同字码同侧安装**



**你学会了吗？**

1. 活塞环开口布置原则是什么？
2. 如何保证活塞、连杆、活塞环的正确安装方向？

## 第 15 天　气缸套、气缸盖装配必知必会



**学习目标**

1. 了解气缸套和气缸盖安装的基本要求
2. 掌握气缸套和气缸盖安装的基本要领



**实际操作**

### 一、湿式缸套的安装

**1. 清洗检查**

装配前要对气缸体进行认真清洗，去除油污，特别是要将与缸套配合的表面清理干净。认真检查气缸套和气缸体有无损伤，其配合尺寸和表面粗糙度应符合规定，并用平板尺检查气缸体上平面和气缸盖下平面，平面度一般不超过 0.10 ~0.15mm。

**2. 试装气缸套**

在装阻水圈之前，试将气缸套用专用工具压入气缸体中（图 5-21），此时气缸套应转动灵活，无晃动。再检查气缸套上平面高出气缸体的凸出量，应符合技术要求。

例如康明斯 ISM 发动机缸套高度要求是使用百分表在 4 个相隔 90°的点测量缸套突出量（图 5-22）。缸套凸出量最小 0.00mm，最大 0.12mm。

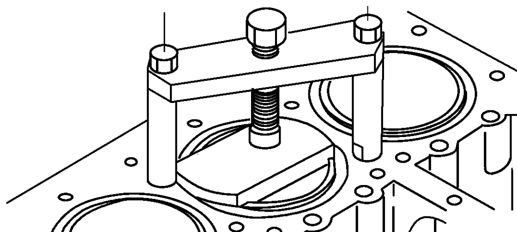


图 5-21　压入缸套

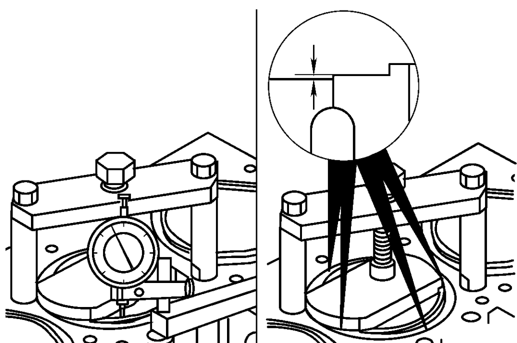


图 5-22　缸套高度测量

**3. 安装阻水圈**

将符合规格、弹性好的阻水圈，涂上机油，装入缸套的环槽中（图 5-23）。注意阻水圈不得有扭曲和损伤。

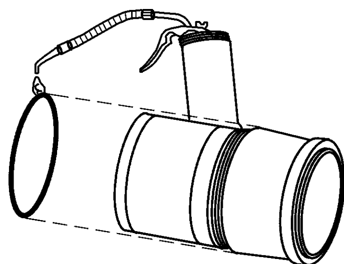


图 5-23　润滑后装入阻水圈

**4. 装入气缸体**

缸套放正后用专用工具或垫木块轻轻打入。若感觉阻力较大，应取出缸套，查明原因，予以排除后再装复。

**5. 检测**

装后的气缸套还要用内径量表测量其圆度和圆柱度，其误差应在允许范围内。另外，装配好以后，还要进行水压试验，检查阻水圈处是否漏水。

## 二、柴油机缸盖装配

1）彻底清除气缸体上平面、气缸盖下平面上的衬垫残留。

2）使用工具清洗在气缸体上的所有气缸盖螺栓孔。去除螺栓孔内的机油、水（冰）等杂物。

3）检查在气缸体上的气缸盖螺栓孔螺纹是否损伤，必要时进行修复或更换机体。

4）在气缸体上安装气缸垫。缸垫有厂标和字号的一面朝上放置。

5）组装气缸盖。首先完成气门油封安装，然后再安装气门。气门应按研磨后位置对号入座，利用气门拆装工具压缩气门弹簧，将锁块安装到位。

6）使用提升设备将气缸盖安放在气缸体上，注意使前后的定位销正确入位（图 5-24）。

7）润滑缸盖螺栓螺纹和垫圈下面，按正确次序、分数次拧紧缸盖螺栓。例如康明斯 ISM 发动机，按图 5-25 所示顺序将所有螺栓拧紧到规定值。

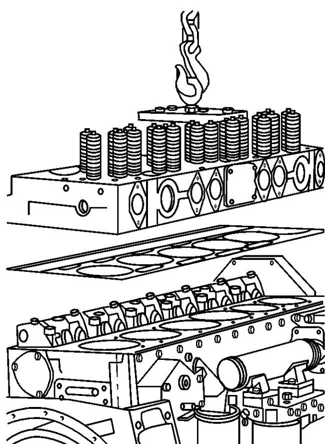


图 5-24　提升、安装气缸盖

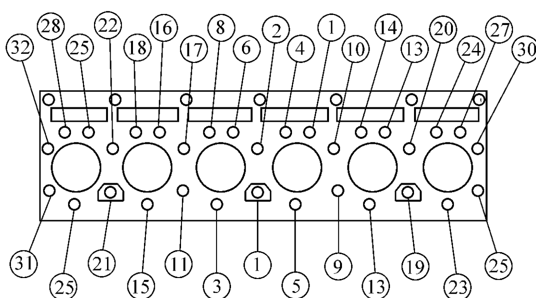



图 5-25　缸盖螺栓拧紧次序

扭矩值：步骤 1　68N · m［50lbf · ft］

步骤 2　136N · m［100lbf · ft］

步骤 3　拧紧 180°

8）安装摇臂轴总成，调整气门间隙。

9）安装进排气歧管及气门室罩盖。



## 你学会了吗?

1. 气缸盖装配要领有哪些?
2. 湿式缸套安装要领有哪些? 缸套凸出量超差会产生什么后果?

# 第 16 天　气门间隙调整必知必会



## 学习目标

1. 了解气门间隙的作用及对柴油机工作的影响
2. 掌握两次调整法可调气门的确定方法
3. 掌握气门间隙调整的操作技能



## 基础知识

**1. 为什么留有气门间隙?**

气门间隙是气门在完全关闭时，气门杆尾端与气门传动组零件之间的间隙。发动机工作时，气门将因温度升高而膨胀，如果气门及其传动件之间，在冷态时无间隙或间隙过小，则在热态时，气门及其传动件的受热膨胀势必引起气门关闭不严，造成发动机在压缩和做功行程中漏气，而使功率下降，严重时甚至无法起动。因此，通常在发动机冷态装配时，留有气门间隙，以补偿气门受热后的膨胀量。有些轿车发动机采用液力挺柱，挺柱的长度能自动变化，随时补偿气门的热膨胀量，故不需要预留气门间隙。

**气门间隙太大有何影响**。传动零件之间以及气门和气门座之间撞击产生异响，并加速磨损；同时气门开启的持续时间变短，造成进气不充分，排气不彻底。

**气门间隙太小有何影响**。发动机受热后，可能会造成气门关闭不严、漏气，导致功率下降，甚至烧坏气门，气门撞击活塞。

不同的柴油机标准的气门间隙各不相同。在发动机装配时，气门间隙应按标准值进行预设。表 5-3 是一些机型的气门间隙。

**表 5-3　柴油机气门间隙**

| 序号 | 机型 | 进气门间隙 | 排气门间隙 |
|---|---|---|---|
| 1 | 康明斯 ISM | 0.36mm（0.014in） | 0.69mm（0.027in） |
| 2 | 潍柴 WP12（两气门） | 0.30mm | 0.40mm（WEVB 0.25mm） |
| 3 | 潍柴 WP12（四气门） | 0.40mm | 0.60mm（WEVB 0.40mm） |
| 4 | 锡柴 6DM（带发动机制动装置） | 进气门间隙：0.3mm | 排气门间隙：3mm |

**2. 气门间隙调整方法都有哪些?**

气门间隙调整有逐缸调整法和两次调整法两种。

（1）逐缸调整法　这种方法的特点是每盘转一次发动机，完成对一个缸的气门间隙的调整。例如 6 缸柴油机如果采用逐缸调整法，需要盘转 6 次曲轴才能完成对所有的气门间隙调整。逐缸调整法气门间隙调整是在该缸压缩上止点进行的。具体操作方法是，先将发动机曲轴盘转至 1 缸压缩上止点，然后完成对一缸进排气门间隙的调整，之后依次再将曲轴盘转至 5、3、6、2、4 缸压缩上止点，对 5、3、6、2、4 缸进排气门进行间隙调整。由于逐缸调整法作业效率较低，所以实际应用较少。

（2）两次调整法　两次调整法是指盘转两次曲轴就能完成对所有气门间隙调整的一种高效作业方法。具体地说就是先将曲轴定位于 1 缸压缩上止点，先完成对一部分气门间隙的调整；然后盘转曲轴一周，至 1 缸排气上止点，再对余下的气门间隙进行调整。两次调整法的关键是确定哪些气门间隙可以进行调整。

**3. 如何确定 1 缸压缩上止点可调气门?**

依据驱动凸轮工作位置不同，气门可分为可靠关闭、不可靠关闭和打开三种状态，如图 5-26 所示。

**可靠关闭状态**：凸轮基圆与挺杆底面接触，挺杆处于最低点，气门间隙保持最大状态，因此是可调的。一般而言气门远离开始开启时刻 60°以上曲轴转角时，即可认定为可靠关闭。

**不可靠关闭状态**：气门距开始开启时刻 60°以内时，凸轮桃尖末端已经与挺杆底面接触，挺杆已经开始上升，此时气门可能未被顶开，但气门间隙已经变小，因此气门不可调。

**打开状态**：凸轮桃尖与挺杆底面接触，挺杆已经明显上升，此时气门间隙完全消除，气门头离开气门座、打开。气门打开状态显然不能够对气门间隙进行调整。

气门只有处于可靠关闭状态时，才可以进行间隙调整。下面对 4、6 缸发动机一缸压缩上止点时，可调气门进行分析。

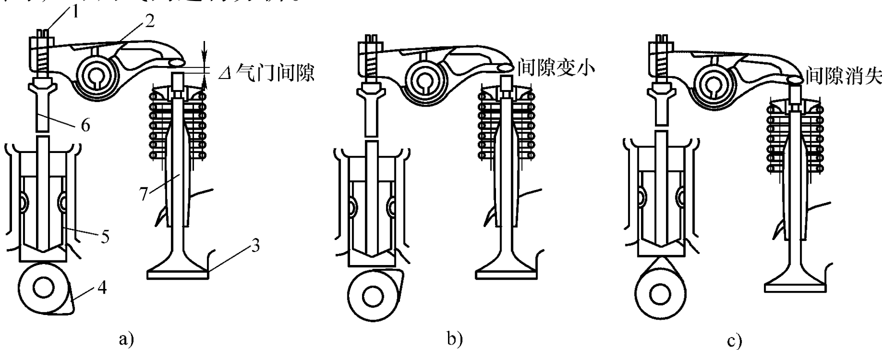



**图 5-26　气门的三种状态**

a）可靠关闭　b）不可靠关闭　c）打开

1—调整螺钉　2—摇臂　3—气门头　4—凸轮　5—挺杆　6—推杆　7—气门杆

（1）四缸柴油机可调气门确定　通过工作循环分析，可以确定一缸压缩上止点时，各缸气门处于何种状态，最终确定气门是否可调。四缸柴油机工作循环见表 5-4。

**表 5-4　四缸柴油机工作循环表**

| 曲轴转角 | 气缸 | 1 | 3 | 4 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0°–180° | | 做功 | 压缩 | 进气 | 排气 |
| 180°–360° | | 排气 | 做功 | 压缩 | 进气 |
| 360°–540° | | 进气 | 排气 | 做功 | 压缩 |
| 540°–720° | | 压缩 | 进气 | 排气 | 做功 |

1缸压缩上止点(瞬间)

通过表 5-4 能够分析出，1 缸压缩上止点瞬间，各缸所处的行程、气门状态。气门状态确定后，就可推定气门是否可以调整，分析结果见表 5-5。

**表 5-5　1 缸压缩上止点各缸气门状态分析**

| 气缸 | 各缸行程、活塞位置 | 气门 | 距离开启状态的曲轴转角 | 气门状态 | 是否可调<br>■—可调　□—不可调 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 缸 | 压缩行程上止点 | 进气门 | 180° | 关闭 | ■ |
| | | 排气门 | 180° | 关闭 | ■ |
| 2 缸 | 做功行程下止点 | 进气门 | 180° | 关闭 | ■ |
| | | 排气门 | 0° | 不可靠关闭 | □ |

（续）

| 气缸 | 各缸行程、活塞位置 | 气门 | 距离开启状态的曲轴转角 | 气门状态 | 是否可调<br>■—可调　□—不可调 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 缸 | 进气行程下止点 | 进气门 | 0° | 不可靠关闭 | □ |
| | | 排气门 | 180° | 关闭 | ■ |
| 4 缸 | 排气行程上止点 | 进气门 | 0° | 不可靠关闭 | □ |
| | | 排气门 | 0° | 不可靠关闭 | □ |

通过以上分析可得出 1 缸压缩上止点可调气门有 1 缸进气门、排气门；3 缸排气门；2 缸进气门。

通过同样的方法可以分析得出 1 缸排气上止点（4 缸压缩上止点）可调气门有 4 缸进气门、排气门；2 缸排气门；3 缸进气门。这样通过盘转两次曲轴即可完成对所有气门间隙的调整。

综上所述，4 缸柴油机气门调整口诀是，双排不进（按点火顺序 1342，1 缸双、3 缸排、4 缸不、2 缸进），也可描述为奇排偶进（3 缸排、2 缸进；1 缸双、4 缸不可调整）。

（2）六缸柴油机可调气门确定　六缸柴油机工作循环见表 5-6。

**表 5-6　六缸柴油机工作循环表**

| 气缸 | 1 | 5 | 3 | 6 | 2 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0°～60° | 做功 | 压缩 | 进气 | 进气 | 排气 | 做功 |
| 60°～120° | 做功 | 压缩 | 压缩 | 进气 | 排气 | 排气 |
| 120°～180° | 做功 | 做功 | 压缩 | 进气 | 进气 | 排气 |
| 180°～240° | 排气 | 做功 | 压缩 | 压缩 | 进气 | 排气 |
| 240°～300° | 排气 | 做功 | 做功 | 压缩 | 进气 | 进气 |
| 300°～360° | 排气 | 排气 | 做功 | 压缩 | 压缩 | 进气 |
| 360°～420° | 进气 | 排气 | 做功 | 做功 | 压缩 | 进气 |
| 420°～480° | 进气 | 排气 | 排气 | 做功 | 压缩 | 压缩 |
| 480°～540° | 进气 | 进气 | 排气 | 做功 | 做功 | 压缩 |
| 540°～600° | 压缩 | 进气 | 排气 | 排气 | 做功 | 压缩 |
| 600°～660° | 压缩 | 进气 | 进气 | 排气 | 做功 | 做功 |
| 660°～720° | 压缩 | 压缩 | 进气 | 排气 | 排气 | 做功 |

通过表 5-6 能够分析出，1 缸压缩上止点瞬间，各缸所处的行程、气门状态。气门状态确定后，就可推定气门是否可以调整，分析结果见表 5-7。

**表 5-7　1 缸压缩上止点各缸气门状态分析（6 缸机）**

| 气缸 | 各缸行程、活塞位置 | 气门 | 距离开启状态的曲轴转角 | 气门状态 | | 口诀 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ■—可调<br>□—不可调 | 口诀 1 | 口诀 2 |
| 1 缸 | 压缩行程上止点 | 进气门 | 180° | 关闭 | ■ | 双 | 双（略） |
| | | 排气门 | 180° | 关闭 | ■ | | |
| 5 缸 | 压缩行程上止点前 120° | 进气门 | 60° | 不可靠关闭 | □ | 排 | 奇排 |
| | | 排气门 | 240° | 关闭 | ■ | | |

（续）

| 气缸 | 各缸行程、活塞位置 | 气门 | 距离开启状态的曲轴转角 | 气门状态 | | 口诀 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ■—可调<br>□—不可调 | 口诀 1 | 口诀 2 |
| 3 缸 | 进气行程下止点前 60° | 进气门 | | 开启 | □ | 排 | 奇排 |
| | | 排气门 | 120° | 关闭 | ■ | | |
| 6 缸 | 压缩行程上止点 | 进气门 | 0° | 不可靠关闭 | □ | 不 | 不（略） |
| | | 排气门 | 0° | 不可靠关闭 | □ | | |
| 2 缸 | 排气行程下止点前 120° | 进气门 | 120° | 关闭 | ■ | 进 | 偶进 |
| | | 排气门 | | 开启 | □ | | |
| 4 缸 | 做功行程下止点前 60° | 进气门 | 240° | 关闭 | ■ | 进 | |
| | | 排气门 | 60° | 不可靠关闭 | □ | | |

通过以上分析可得出 1 缸压缩上止点可调气门有 1 缸进气门、排气门；3、5 缸排气门；2、4 缸进气门。

通过同样的方法可以分析得出 1 缸排气上止点（6 缸压缩上止点）可调气门有 6 缸进气门、排气门；2、4 缸排气门；3、5 缸进气门。

综上所述，6 缸柴油机气门调整口诀是：双排排不进进（按点火顺序 153624，1 缸双、3、5 缸排、6 缸不、2、4 缸进），也可描述为奇排偶进（3、5 缸排、2、4 缸进；1 缸双、6 缸不可调整）。

**4. 为何不同柴油机，可调气门序号会有不同?**

可调气门序号，是一种用气门自前而后的排列序号来描述可调气门的方法。1 缸压缩上止点可调气门序号如何确定的呢？可调气门序号，取决于进排气气门摇臂的排列顺序。例如 6 缸柴油机，有多少种气门摇臂排列顺序，就可得到多少种可调气门序号。表 5-8 是一种摇臂排列方式的可调气门序号。

**表 5-8　可调气门序号的确定**

| | 缸位 | 1 缸 | | 2 缸 | | 3 缸 | | 4 缸 | | 5 缸 | | 6 缸 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 前方 | 气门排列与序号 | 进 | 排 | 进 | 排 | 进 | 排 | 进 | 排 | 进 | 排 | 进 | 排 | 后部 |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| | 可调序号 | 1 | 2 | 3 | | | 6 | 7 | | | 10 | | | |

表 5-9 给出了常见的气门排列顺序的可调气门序号。

**表 5-9　可调气门序号的确定**

| 序号 | 自前而后的气门摇臂排列 | 可调气门序号 |
|---|---|---|
| 1 | 进排进排进排进排进排进排 | 1、2、3、6、7、10 |
| 2 | 排进排进排进排进排进排进 | 1、2、4、5、8、9 |
| 3 | 进排排进进排排进进排排进 | 1、2、4、6、8、10 |
| 4 | 排进进排排进进排排进进排 | 1、2、3、5、7、9 |



## 实际操作

气门间隙的两次调整法，是最常用的方法。气门间隙一般要在冷态条件下进行。下面介绍两次调整法的操作步骤。

1）打开气门室罩盖，盘转曲轴至 1 缸压缩上止点。在柴油机上的上止点标记有的在飞轮上，有的在曲轴皮带轮上；还有些机型配有正时销，能够将曲轴精确定位。不同机型的一缸上止点标记见表 5-10。

**表 5-10　不同机型的一缸上止点标记**

| 机型 | 上止点标记 | 备注 |
|---|---|---|
| WP12 共轨柴油机 | OT | 将飞轮壳体上的 OT 线与飞轮上的缺口对正，即为 1、6 缸上止点<br>要确认 1 缸压缩上止点，还需要借助观察摇臂，来区分 1、6 缸。方法是顺时针盘转曲轴，观察 6 缸摇臂，至“排起进点头”位置时，将图示标记对正，即为 1 缸压缩上止点 |
| 康明斯 ISB 共轨柴油机 | TDC | 将曲轴扭转减振器上的 TDC（上止点）刻线，处于正上方（12 点位置），即为 1、6 缸上止点<br>要确认 1 缸压缩上止点，还需要借助观察摇臂，来区分 1、6 缸。方法是顺时针盘转曲轴，观察 6 缸摇臂，至“排起进点头”位置时，将图示标记对正，即为 1 缸压缩上止点 |
| 东风雷诺 dci11 柴油机 | 取下高于油泵上的相位传感器，用盘车工具盘转曲轴，当相位传感器信号盘上的刻线与传感器孔以正时，即为1缸压缩上止点<br>在1缸压缩上止点位置，调整完可调气门后，拆下曲轴转速传感器，盘转曲轴，使飞轮信号盘凹槽内的1–6标记与传感器孔中心对正，调整剩下的气门 | 通过曲轴转速传感器和凸轮轴转速传感器判定 1 缸压缩上止点和 6 缸压缩上止点 |

**注意：**

◇盘转曲轴应使用撬棍盘动飞轮来完成，有些车辆设有专用于盘车的部位和专用工具。严谨通过搬动风扇来盘车。如图 5-27 是康明斯 ISB 共轨柴油机的盘车方法。

◇由于柴油机多采用凸轮轴中置设计，仅依靠飞轮或曲轴皮带轮（扭转减振器）上的 1 缸上止点标记，无法区分压缩上止点还是排气上止点，为此需要通过观察摇臂来进行区分，方法如下：顺着曲轴旋转方向盘转曲轴，观察 6 缸（4 缸柴油机观察 4 缸）两气门摇臂，首先排气门摇臂下行、将排气门顶开，然后换向慢慢升起，当观测到进气门摇臂刚刚下行（点头）时，停止盘车，观察飞轮或曲轴带轮上的标记是否对正，微调对正上止点标记后，即为 1 缸压缩上止点。

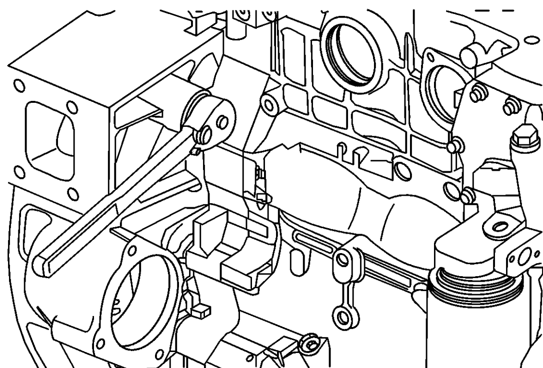


**图 5-27　康明斯 ISB 发动机盘车部位**

**确认压缩上止点要诀**：排起进点头。

2）调整可调气门间隙。下面以 WP12 共轨柴油机（四气门）为例，介绍气门间隙调整方法（图 5-28）。

① 完全松开摇臂的调节螺钉。

② 在摇臂和凸轮之间插入塞尺（厚度按标准值选择），用摇臂的调节螺钉进行调节。

③ 先将调节螺钉拧紧，然后退回少许，拉动塞尺稍感阻力为合适，然后用螺钉旋具保持调节螺钉不动，将锁紧螺母拧紧。

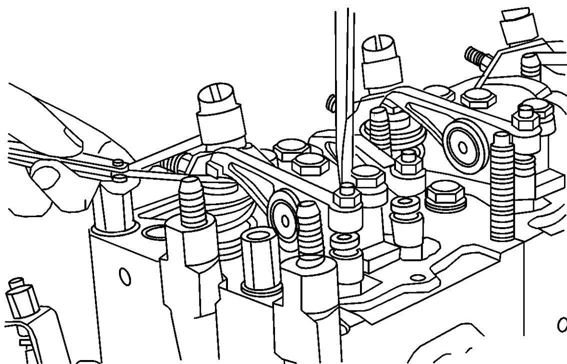


**图 5-28　WP12 共轨柴油机（四气门）气门间隙调整**

进气门 – 0.40mm　排气门 – 0.60mm

**注意**：进、排气门间隙标准值多数是不同的，排气门较大、进气门较小，注意区分不得调反。所有可调气门调整完毕后，进行下步操作。

3）盘转曲轴一周，当曲轴或带轮上的上止点标记再次对正时，调整所有剩下的气门。所有气门调整完毕后，应再盘转两周曲轴，复查所有气门间隙。

4）装复气门室罩盖及其他附件。



**你学会了吗？**

1. 柴油机气门间隙过大、过小有哪些危害？
2. 六缸柴油机可调气门口诀是什么？
3. 气门间隙调整有哪些步骤？应注意些什么？

# 第 17 天　齿轮室装配必知必会



**学习目标**

1. 了解柴油机的正时的主要要求
2. 掌握潍柴 WP12、东风雷诺 dCi11 和康明斯 ISM 等柴油机齿轮室安装要点



**基础知识**

**1. 柴油机齿轮室装配有哪些正时要求？**

（1）配气正时　配气正时就是曲轴和凸轮轴之间正确的相位关系。柴油机装配中，只有保证了配气正时，气门的打开和关闭时刻才能与活塞运动相匹配。配气正时保证了正确的配气相位。

**提示：**配气相位是指进、排气门开闭时刻及其开启的持续时间。具体内容包括以下 4 个方面。

◇进气门早开：使气缸进入进气行程时，排气门已经有效打开，保证进气更充分。

◇进气门晚关：利用气流的惯性，多进气。

◇排气门早开：使气缸进入进气行程时，排气门已经有效打开，保证排气更彻底。

◇排气门晚关：保证排气更彻底。

配气相位图如下：

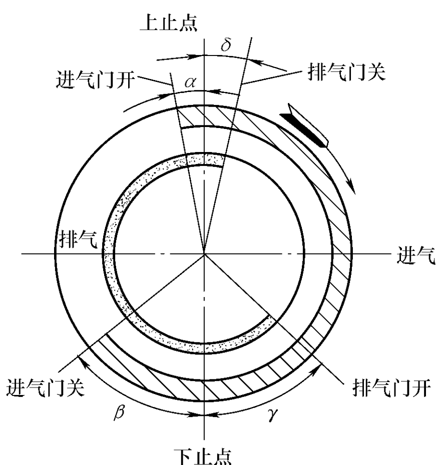



**图 5-29　配气相位图**

进气门早开角　α—进气门晚关角　β—排气门早开角　γ—排气门晚关角　δ—气门门重叠角 α + δ

由图 5-29 所示可知，进气门开启角度为 $\alpha+\beta+180°$；排气门开启角度为 $\gamma+\delta+180°$。柴油机的配气相位角，厂家通过试验确定。一旦机型确定下来，相位角就确定下来。进、排气门凸轮的轮廓决定的气门相位角和气门升程。

齿轮室装配中，如果曲轴和凸轮轴间位置关系发生错误，尽管进排气门总的开启角度不会变化，但进（排）气门的提前开启角和延迟关闭角会以相同的变化值同步变早或变完，这会直接影响柴油机的动力性和油耗，当相位偏差过大时，甚至无法起动发动机。因此柴油机装配一定保证配气正时。

（2）喷油正时　机械泵柴油机，高压油泵齿轮与曲轴间应该有正确的相位关系，只有这样才能保证正确的喷油提前角。喷油提前角是影响柴油机工作的重要参数。喷油提前角过大，会使柴油机工作粗暴、产生敲击；而喷油提前角过小，会使柴油机加速无力、水温过高。共轨柴油机只要曲轴和凸轮轴信号同步，就可以保证正确的喷油正时。

**2. 共轨柴油机，高压油泵柱塞泵油时刻与喷油器喷油时刻间没有直接联系，可为何有些共轨柴油机油泵安装还有正时要求呢？**

这是由于这些柴油机凸轮轴位置传感器安装于高压油泵之上的缘故。只有正确安装高压油泵，才可以保证曲轴转速信号与凸轮轴转速信号同步。如果油泵齿轮错误安装，曲轴转速传感器和凸轮轴转速传感器之间信号不再同步，ECU 将无法正确判定 1 缸上止点位置，发动机会无法起动。

**3. 为保证各齿轮间的正时要求，都有哪些实现手段？**

1）齿轮之间正时标记只要将齿轮上的标记对正安装，即可保证正时要求。这种方式应用最为广泛。

2）正时销定位曲轴、凸轮轴及高压油泵，具有准确、高效的特点。康明斯发动机多用正时销定位。

3）定位曲轴的 1（6）缸上止点标记。飞轮与飞轮壳体间，或曲轴带轮与正时罩盖间正时标记用于将曲轴定位于 1 缸上止点。此标记用于齿轮室安装、油泵拆装和气门间隙调整。



## 实际操作

**1. 潍柴 WP12 共轨柴油机齿轮室正时标记及安装要点**

**提示**：潍柴 WP12 共轨柴油机齿轮室布置情况如图 5-30 所示。在齿轮室中，配气正时通过齿轮上的正时标记来保证。此款柴油机由于凸轮轴转速传感器安装在油泵上，所以油泵安装也有正时要求。

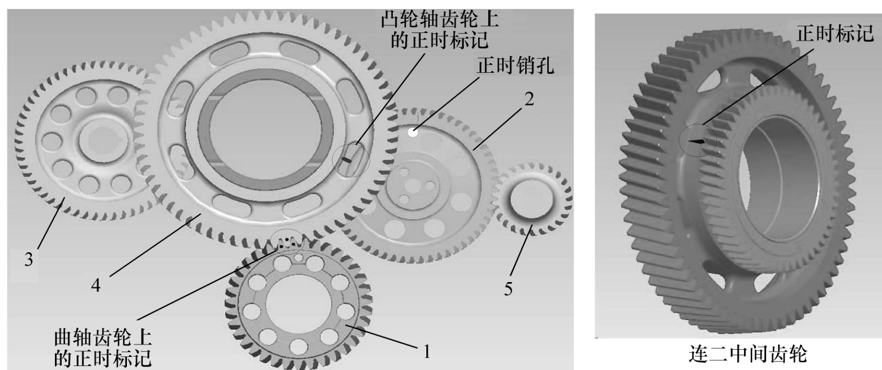



**图 5-30　潍柴 WP12 共轨柴油机齿轮室安装图**

1—曲轴齿轮　2—凸轮轴齿轮　3—高压油泵齿轮　4—中间齿轮　5—空压机齿轮

1）曲轴和凸轮轴安装完成后，先将曲轴盘转至1（6）缸上止点，即将飞轮观察孔上的OT线与飞轮上的凹坑对正（图5-31）。

2）盘转凸轮轴，将凸轮轴上的正时销孔与飞轮壳连接板中的沉孔对正（图5-32），然后插入正时销、将凸轮轴定位。

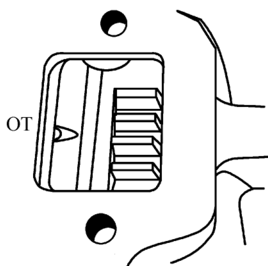



图5-31 WP12柴油机上的1缸上止点标记

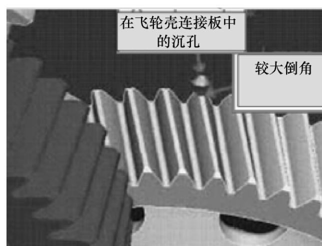



图5-32 用于定位凸轮轴的沉孔

3）安装中间齿轮。确认中间齿轮上的正时标记与曲轴和凸轮轴上的正时标记对正。完成此过程后，配气正时就得到了保证。

4）高压油泵及齿轮的安装。

**注意**：油泵需要与油泵齿轮组装在一起后，再装到发动机上。在发动机总装过程中，油泵安装可以接续以上操作进行。而就车拆装油泵时，并不需要拆卸齿轮室，只需要将曲轴定位于1缸压缩上止点，就可以进行油泵安装。

**油泵的安装步骤如下**。

◇将法兰盘装于油泵上。

◇在泵轴上安装定位键，将油泵齿轮装于泵轴上，然后将锁紧螺母拧紧。

◇拆下法兰盘正时销孔上的螺堵。转动泵轴，使法兰盘上的销孔与高压泵齿轮上的沉孔对正；使用一个$\phi$4的销轴，插入法兰盘销孔和油泵齿轮沉孔中、将泵轴定位。

◇将组装完的油泵总成，整体装入发动机。齿轮完成啮合、油泵推入到位后，将法兰盘上的刻线与中间连接板上的凹坑对正（图5-33），然后将法兰盘上的固定螺栓拧紧。

◇最后取下定位销，将销孔用螺堵封堵。

**2. dCi11柴油机齿轮室正时标记及安装要点**

dCi11柴油机在曲轴齿轮、凸轮轴齿轮、凸轮轴惰轮、高压油泵齿轮和高压油泵惰轮上均设有正时标记（数字），齿轮室装配时，只要将这些标记依次对正安装，就可以保证配气正时和油泵正时。dCi11柴油机齿轮室布置如图5-34所示。

**3. 康明斯ISM柴油机齿轮室正时标记及安装要点**

康明斯ISM11柴油机齿轮室结构如图5-35所示。惰齿轮2与曲轴齿轮、凸轮轴齿轮、附件驱动齿轮间有正时要求，正时记号分别为“*O*”“*X*”“*V*”。齿轮室装配时，要将以上3个正时标记对正。附件驱动轴用于驱动空压机和燃油泵。空压机和燃油泵虽然没有正时要求，但附件轴带轮（图5-35中未画出）上有用于顶置机构调整的“*A*”“*B*”“*C*”标记，只有齿轮按正时标记安装，才能够保证附件带轮标记指示正确。如图5-35为康明斯ISM11柴油机齿轮室布置情况。

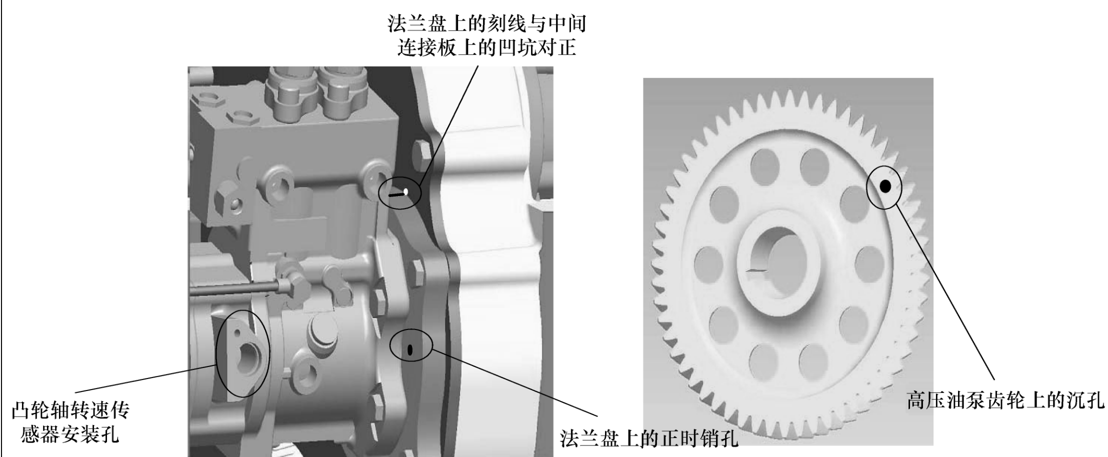



**图 5-33　潍柴 WP12 高压油泵的正时方案**

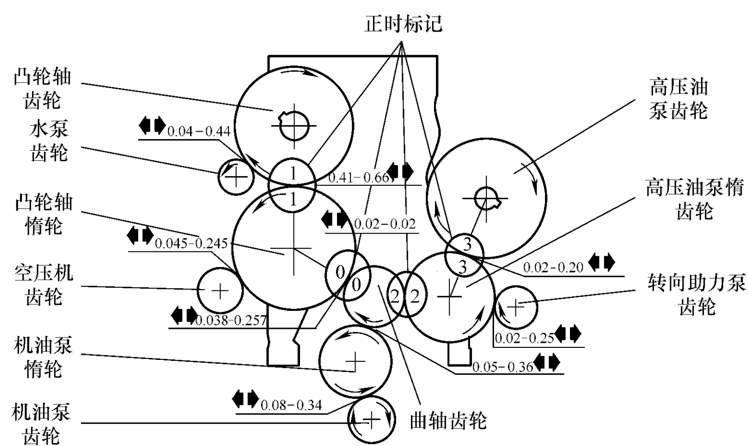



**图 5-34　东风雷诺 dCi11 柴油机齿轮室布置**

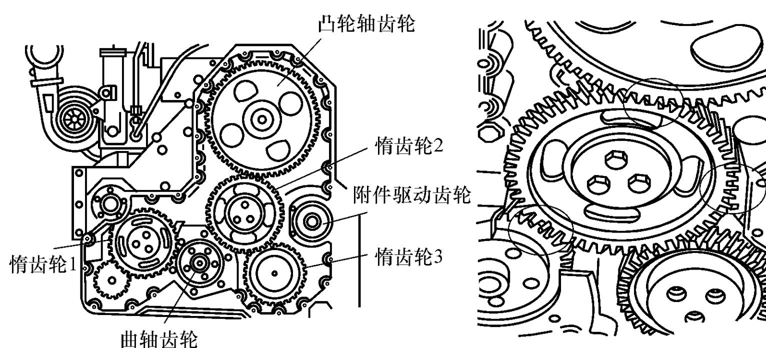



**图 5-35　康明斯 ISM 柴油机齿轮室布置**



## 你学会了吗?

1. 柴油机的齿轮室装配都有哪些要求?
2. 潍柴 WP12 柴油机油泵的装配步骤是怎样的?

# 第六章

# 柴油机各系统检测

## 第 18 天　润滑系统的检测

**学习目标**

1. 了解润滑系统的组成和功用
2. 掌握机油压力的检测技能
3. 掌握机油斑痕检测的方法
4. 掌握机油泵间隙的检测技能

**基础知识**

**1. 润滑系统的作用**

发动机工作时，各配合副间相互接触，高速的相对运动，零件表面必然要产生摩擦，加速磨损。为了减轻磨损，减小摩擦阻力，延长柴油机使用寿命，柴油机上设有润滑系统。发动机润滑系统的功用是将压力、温度适宜的清洁机油连续不断地输送到所有需要润滑的零部件表面之间。润滑系统作用主要包括以下几个方面。

（1）润滑作用　在相对运动零件表面之间形成一层油膜，减少摩擦和磨损。由于机油有一定的黏性，能黏附在摩擦表面上，形成一层油膜，从而使两个摩擦表面并不直接接触，当配合付间相对运动时，每一零件与粘在它表面上的油层一同运动，这样各接触面的干摩擦就变成了液体摩擦。由于液体摩擦因数比干摩擦因数小得多，所以摩擦阻力显著减小，从而降低了功率损耗，并减轻了零件的磨损。

（2）冷却作用　在发动机工作时，由于摩擦的存在以及混合气的燃烧，机件吸热在所难免、机件温度必然升高。润滑系统工作时，循环流动的机油会将摩擦表面热量带走，这使零件温度不致过高、甚至烧毁。

（3）清洗作用　机油在润滑系统内不断循环，清洗摩擦表面，带走磨屑和其他异物。这防止了零件之间形成磨料磨损。

（4）密封作用 利用机油的黏性，附着于运动零件表面，形成油封，提高了零件的密封效果。机油密封作用最为典型的体现在于气缸壁、活塞环、活塞表面形成的油膜。正是机油的这种填充作用，才使得气缸压力得以建立。

（5）防锈作用 机油能吸附在金属零件表面，防止水、空气和酸性气体与零件表面接触而发生氧化和腐蚀。

（6）液压作用 润滑油还可用做液压油，如康明斯发动机的 jake brake 发动机制动器，就是利用了机油的液压作用进行工作的。

（7）减振缓冲作用 在运动零件油膜的形成，吸收冲击并减小振动。当气缸压力急剧上升时，突然作用到活塞、活塞销、连杆、曲轴轴颈上的力很大，这个力经过轴承的传递、加到油膜上，减缓了机件之间的直接冲击。

**2. 润滑系统组成**

润滑系统主要由油底壳、机油集滤器、机油泵、机油滤清器、机油冷却器和润滑油道等组成。机油泵通过集滤器、吸油管将机油从油底壳中吸出，加压后的机油先经过机油冷却器进行散热，然后再经过滤清器滤除杂质，最后送到主油道进行分配。康明斯 KTA19 柴油机的润滑油路布置如图 6-1、图 6-2 所示。

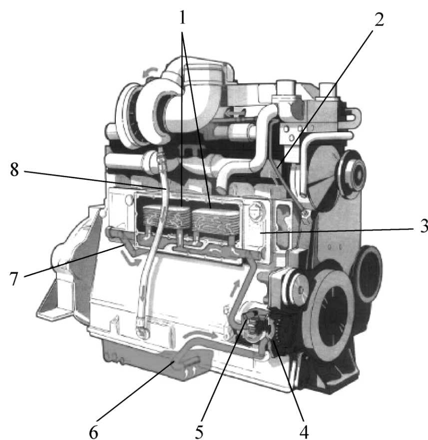



**图 6-1 康明斯 KTA19 柴油机润滑系统（一）**

1—机油冷却器 2—增压器供油管 3—机油冷却器壳体 4—机油泵 5—压力调节器 6—吸油管 7—接机油滤清器 8—增压器回油

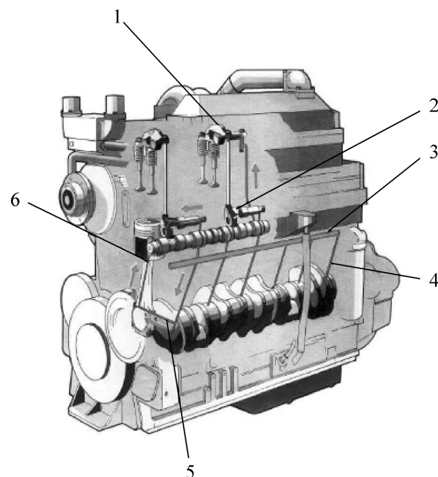



**图 6-2 康明斯 KTA19 柴油机润滑系统（二）**

1—摇臂 2—凸轮从动臂 3—主油道 4—主轴承供油 5—连杆轴承供油 6—活塞销衬套供油



**实际操作**

**1. 机油压力检测**

**提示：**适宜的机油压力是保证润滑系正常工作的关键。为了能够让驾驶人监测机油压力，柴油机上一般均装有机油压力传感器。当机油压力过低时，压力传感器信号控制油压警告灯点亮；有些车辆仪表上还装有机油压力表。当怀疑油压指示系统失准时，就需要进行手工检测。如图 6-3 是用于油压测量的压力表。

油压检测应在热机条件下进行。首先拆下发动机润滑主油道上的油压传感器，装上油压表，然后起动发动机，使其在规定转速下运转，此时油压表上的指示值即为润滑系统的机油压力。一般情况下，柴油机怠速油压和中高速油压有不同的标准。康明斯 ISM 发动机机油压力规范如下。

怠速：不低于 69kPa

高怠速（2200r/min）：241～310kPa

**提示**：压力异常原因



**图 6-3　机油压力表**

◇压力偏低：机油集滤器、滤清器堵塞；油泵或油道上的调压阀或泄压阀卡滞、泄漏、弹簧过软或折断；机油泵磨损；机油黏度太低或被燃油、冷却水冲稀。

◇压力偏高：机油黏度过大；润滑油道堵塞不畅通；机油滤清器滤芯堵塞且旁通阀开启过晚；环境温度过低。

有些电控柴油机的机油压力可以通过数据流读出进行监测，如图 6-4 所示为康明斯 ISF3.8 共轨柴油机数据流，从中可以查出当前工况下的机油压力值为 413.7kPa。

| 参数 | 数值 | 单位 | 量小测量值 | 量大测量值 |
|---|---|---|---|---|
| 发动机制动开关水平 | 45 | 百分比 | 45 | 45 |
| 发动机制动输出电路 1 | 现行 | | | |
| 发动机制动输出电路 2 | 现行 | | | |
| 发动机制动输出电路 3 | 非现行 | | | |
| 发动机制动输出电路 4 | 非现行 | | | |
| 发动机小时数 | 110:24:45 | HH:MM:SS | | |
| 发动机扭矩限制开关 | 熄灭 | | | |
| 发动机机油压力 | 413.7 | kPa | 413.7 | 413.7 |
| 发动机机油压力传感器信号电压 | 3.24 | V | 3.24 | 3.24 |
| 发动机机油压力传感器类型 | 模拟 | | | |
| 发动机转速 | 800 | RPM | 800 | 800 |
| 发动机转速传感器起作用 | 主 | | | |
| 发动机转速状态 | 良好 | | | |
| 发动机里程 | 7841.3 | km | 7841.3 | 7841.3 |
| 发动机预热保护状态 | 非现行 | | | |
| 变速箱传动比 | 1.60 | | 1.60 | 1.60 |
| 变速箱状态 | 在档 | | | |
| 后处理 SCR 出口温度 | 60 | C | 60 | 60 |
| 后处理 SCR 出口温度信号电压 | 4.8 | V | 4.8 | 4.8 |
| 后处理 SCR 进口温度 | 80 | C | 80 | 80 |
| 后处理 SCR 进口温度信号电压 | 4.8 | V | 4.8 | 4.8 |
| 后处理柴油机排气处理液供应模块温度 | 32.5 | C | 32.5 | 32.5 |
| 后处理柴油机排气处理液供应模块温度传感器电压 | 0.4 | V | 0.4 | 0.4 |

**图 6-4　康明斯 ISF3.8 柴油机利用数据流检测机油压力**

**2. 机油品质的油斑检测**

**提示**：机油使用中，随着添加剂的失效，以及高温氧化，机油会老化变质；机械杂质的混入改变了机油的物理性能；水和燃油的混入，也会使机油变质。

油斑检测作为一种方便快捷的检测手段，能够帮助维修工迅速判定机油状况。

（1）油斑检测方法　发动机热机后，用油尺取一滴机油，滴在直径 70～90mm 的定性滤纸上。放置一段时间，油滴逐渐向四周浸润扩散，于是在滤纸上形成颜色深浅不同的多圈环形斑点。把滴定的斑点图与标准斑点图谱对比分析，就可帮助分析机油品质。该种方法能表征在用机油的剩余清静分散性和老化变质程度。如图 6-5 所示为旧机油的油斑形态。

（2）沉积环　斑点图中心，是机油内粗颗粒杂质沉积区，从其颜色的深浅可粗略判断机油被污染的程度；颜色越深污染越重。

（3）扩散环　悬浮细颗粒杂质向外扩散时留下的痕迹，宽度和颜色的均匀程度表示机油中污染杂质的分散程度，即机油的清静分散能力或清静分散剂的消耗程度。扩散环变窄，说明清净分散添加剂已经失效。

（4）油环　颜色由浅黄到棕红，表示机油被氧化的程度。

机油变质主要特征是沉淀环颜色变黑、与扩散环边界清晰；扩散环变窄；油环颜色变深。油环越宽说明机油氧化越小。扩散环越宽说明机油剩余寿命越长。沉积环颜色越浅说明机油中杂质越少。三道环的分界线越模糊越好，非常分明就应该尽快更换机油。只有沉积环和扩散环也应该尽快更换，只有沉积环那应该马上更换。

需要注意的是，当机油混入燃油时，三环分界不再明显，沉淀环颜色变浅，油斑扩散速度明显增加。燃油对油膜形成破坏巨大，发现燃油混入机油，应马上更换。

**3. 机油冷却器泄漏检测**

**提示：**机油冷却器泄漏，会使油水混合。当加水口发现有机油混在水中时，应检查机油冷却器内部的密封胶圈。当密封件完好时，就应对机油冷却器进行加压、检漏，如图 6-6 所示。

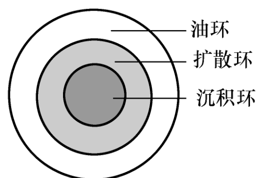



**图 6-5　旧机油的油斑**

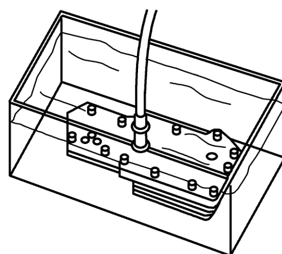


**图 6-6　机油冷却器泄漏检测**

康明斯 ISL 柴油机机油冷却器加压测试：利用机油冷却器进油孔上的螺纹安装加压气管，利用螺堵封堵出油孔。将机油冷却器置于水槽中，通过加压气管为机油冷却器充气。如果发现不断有气泡冒出，应更换机油冷却器。

**4. 机油泵间隙测量**

**提示：**机油泵磨损，是机油压力下降的常见原因。对油压过低的车辆，当管路、阀类件、集滤器、滤清器等检查无异常时，就应拆解机油泵进行检查。当油泵状况良好时，就应检查曲轴轴瓦间隙。下面以康明斯 ISL 柴油机为例，介绍机油泵检测方法。

（1）顶部间隙测量（图 6-7）　将塞尺插入内转子齿顶，测量内外转子间的啮合间隙。ISL 柴油机此间隙值应为 0.0254 ~ 0.1778mm，如果顶部间隙超出技术规范，更换机油泵。

（2）端隙测量（图 6-8）　用直尺压靠在泵体端面上，将塞尺插入内转子端面和直尺之间，测量油泵的端隙。ISL 柴油机此间隙值应为 0.0254 ~ 0.1270mm，如果端隙超出技术规范，更换机油泵。

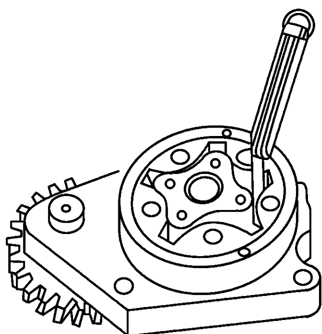


图 6-7　顶部间隙测量

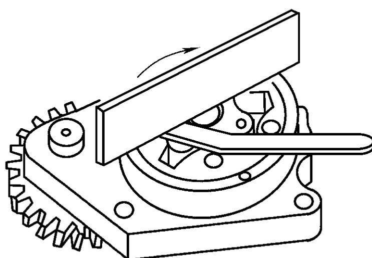


图 6-8　机油泵端隙测量

（3）外转子与泵体孔间隙测量（图 6-9）　将塞尺插入外转子与泵体之间进行测量。ISL 柴油机此间隙值应为 0.1778 ~ 0.3810mm，如果间隙超出技术规范，更换机油泵。

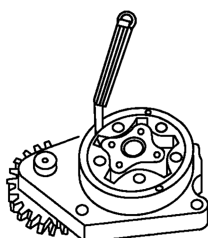


图 6-9　外转子与泵体孔间隙测量



**你学会了吗?**

1. 柴油机的润滑系统的主要机件有哪些？叙述主要机件的作用。
2. 怎样检测转子式机油泵？
3. 怎样观察机油的斑痕？什么情况下应更换机油？

## 第 19 天　冷却系统的检测



**学习目标**

1. 了解冷却系统的组成和功用
2. 掌握冷却系统的工作原理
3. 掌握冷却系统主要检测内容和操作方法



## 基础知识

**1. 冷却系统组成及功用**

它是由水泵、水套、节温器、散热器、风扇、膨胀罐、冷却液温度传感器和水管等组成的密闭循环系统。冷却系统的主要功用是为发动机机件散热，防止发动机过热而损坏；冷却系统还能够对冷却强度进行调节，以适应发动机不同工况需要。例如刚起动柴油机，冷却强度降到最小，这可使冷却液温度最快达到适宜的水温（80～95℃）。

（1）水泵（图6-10） 使冷却水产生一定的压力和流量，强制冷却水的循环流动。水泵多为带传动，有些柴油机采用齿轮传动。

（2）散热器（图6-11） 负责循环水的冷却，它的水管和散热片多用铝材制成，铝制水管做成扁平形状，散热片为波纹状，利于散热。冷却液在散热器芯内流动，空气在散热器芯外通过。冷却液的热量通过散热器散发到大气中去，因此散热器是一个热交换器。散热器由进水室、出水室、主片及散热器芯等4部分构成。

（3）节温器 用于冷却强度的调节。温度低时，关闭通往散热器的水路；温度超过80℃时，开放通往散热器的水路，使冷却液流过散热器、提高散热强度。图6-12就是蜡式节温器。



**图6-10 水泵**



**图6-11 散热器**



**图6-12 节温器**

（4）风扇及风圈（图6-13） 风扇用于在散热器外部形成气流，使热交换得以完成。风扇按着驱动方式可分为普通机械驱动风扇和电动风扇两种，其中电动风扇由电动机直接驱动，仅用于乘用车和小型汽车。

广泛用于重型汽车的电控硅油风扇虽然也为机械驱动，但其工作受电磁离合器控制。离合器结合时，风扇全速运转；离合器分离时，风扇随动、转速很低，几乎不消耗能量。

用于重型汽车的另外一种风扇为电磁恒温扇，这种风扇和电控硅油风扇一样也是由带传动，只是风扇离合器为电磁式，离合器内有两组线圈，冷却液温度高于82℃时第一组线圈通电、风扇半速运转；冷却液温度高于90℃时第一组线圈和第二组线圈同时通电、风扇全速运转。

电控硅油风扇由发动机ECU控制工作，发动机温度低时，风扇离合器分离，风扇随动、转速很低；当发动机温度超过一定值（潍柴共轨柴油机为85℃）或打开空调AC开关同时打开空调强冷（FANcontrol）开关时，风扇离合器接合，风扇全速运转，提高散热能力。

（5）散热器盖（图6-14） 用于自动调节散热器内水蒸气压力，保持压力平衡。系

统内合适的压力能够提高水的沸点，减少水的蒸发损耗。散热器盖上设有空气阀和蒸汽阀，用于调节系统内压力。当系统内压力超过一定限值时，蒸汽阀打开，排除部分蒸汽，防止系统压力过大、产生渗漏或机件受损；当系统压力低于一定限值时，空气阀打开，外部空气进入系统内补充，防止系统内负压过大、损坏机件。




图 6-13　电控硅油风扇和电磁风扇

（6）膨胀罐（图 6-15）　有些车辆设有膨胀罐，其作用主要是使气液分离，减小冷却液的散失。膨胀罐上有水位刻线，加注防冻液时要保证液位处于最高刻线与最低刻线之间。

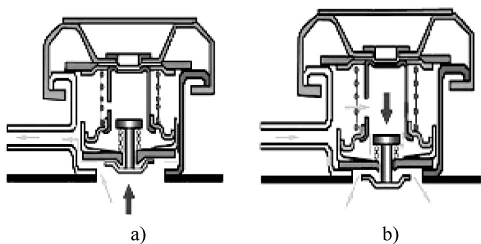



图 6-14　散热器盖结构

a）蒸汽阀打开　b）空气阀打开



图 6-15　膨胀罐

（7）冷却液温度传感器（图 6-16）　为仪表提供水温信号，便于驾驶人随时掌握发动机冷却液温度。

**2. 冷却系统工作原理**

冷却系统能够根据当前冷却液温度不同，实现系统的大、小循环，实现冷却强度的自动调节。

（1）小循环（图 6-17）　冷却液温度较低时，发动机需要一个暖机过程，此时节温器关闭，冷却液循环路线：水泵→机体、缸盖水套→缸盖水套出水管→节温器→水泵。由于冷却液不经过散热器，冷却液温度上升速度快。



图 6-16　冷却液温度传感器

（2）大循环（图 6-18） 当冷却液温度较高时（80℃以上）时，节温器打开，冷却液循环路线：水泵→机体、缸盖水套→缸盖水套出水管→节温器→散热器→水泵。由于冷却液经过散热器，冷却液将从机件吸收的热量散发到大气中去，有效地控制了发动机温度。

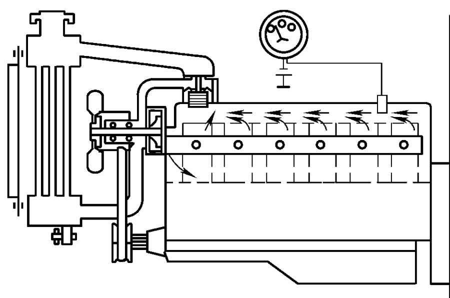


图 6-17 小循环

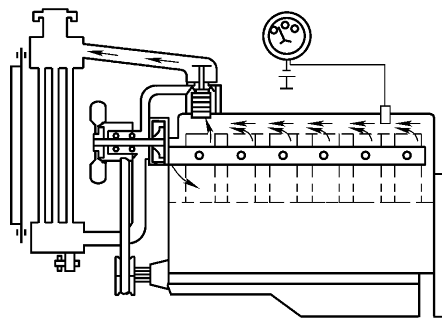


图 6-18 大循环



## 实际操作

**1. 节温器检查方法**（图 6-19）

将节温器放在盛有热水的容器中，然后加热，检查节温器阀门开始开启和完全开启时的温度，以及阀门全开时的升程。若开启温度和升程不符合规范，应更换节温器。

**2. 散热器盖开启压力检查**

如图 6-20 所示使用专用的手动真空泵检测工具检测散热器盖开启压力。使用时先将散热器盖装到真空泵的相应接口上，然后手动加压，记下散热器盖打开时的压力表读数。当测量结果与标准值不符时，更换散热器盖。

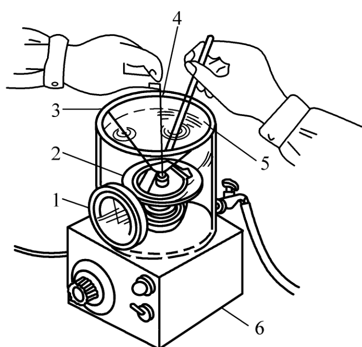



图 6-19 节温器检查

1—温度计 2—节温器 3—铁丝
4—引线 5—搅棒 6—加热炉

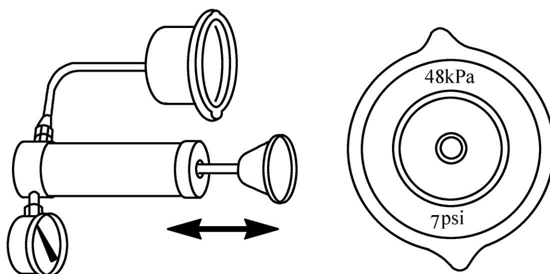



图 6-20 散热器盖检查

**3. 溢流阀法检查水套中是否有空气**

在散热器上安装已经拆下弹簧和减压阀的散热器压力盖，使得液体可以自由流过溢

流管，如图6-21所示。将一根橡胶软管连接到散热器溢流接头上。软管的另一端放入盛水容器中（管头入水）。运转发动机观察水中是否有气泡不断冒出。

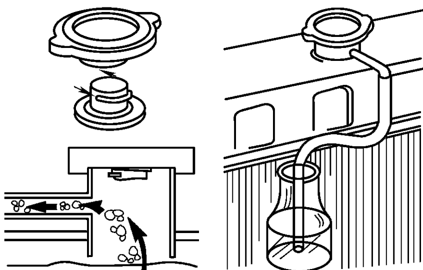


**图6-21　检查冷却系统中的气泡**

**提示**：冷却系统如果有大量气泡出现，会导致冷却液自加注口散失，引发发动机高温故障。如不及时维修会导致拉缸等严重机械故障。空气进入系统的常见原因有水管漏气、气缸套缸口漏气和空压机缸盖裂纹等。

**4. 冷却系统泄漏测试**

现在多数发动机均采用封闭式冷却系统。如果系统轻微渗漏，往往很难找到渗漏部位，为此就需对系统进行加压。世达冷却系统压力测试器的使用方法见表6-1。

**表6-1　冷却系统压力测试器操作步骤**

| 操作步骤 | 图示 | 操作说明 |
|---|---|---|
| 1 | | 测试前，拆下散热器盖，将测试仪固定夹安装在冷却液加注口上，如固定夹位置不合适，必须调节至合适位置。检测前应检查冷却液液位，不满时应将其注满。进行压力测试时，请勿起动发动机 |
| 2 | | 调整气囊位置，应保证气囊的2/3长度伸入加注口管颈下沿以下。在使用中，充气的气囊依靠其可变形特性进行密封 |
| 3 | | 顺时针拧紧压力泄放螺栓后，将滑阀移至“BLADDER（气囊）” |

（续）

| 操作步骤 | 图示 | 操作说明 |
|---|---|---|
| 4 | | 反复推动真空泵手柄向气囊充气，直至压力达到25psi（172.375kPa），使气囊密封住冷却系统加注口。气囊压力决不可超过25psi压力，否则可能损坏气囊 |
| 5 | | 推动滑移阀手柄至加压端（SYSTEM），再一次反复推动真空泵手柄，向冷却系统施加压力，在加压的同时，注意倾听冷却液加注口有无漏气声，如有泄漏，排除后再继续加压 |
| 6 | | 当压力表指示数值达到规定压力（康明斯ISL柴油机压力规范为138kPa）时，应停止加压。观察检漏仪压力表上数值的变化。在5min内，没有变化说明系统没有泄漏；如下降过快，证明冷却系统存在严重泄漏。不同发动机的冷却系统检测时的压力不同，应参照相关资料 |
| 7 | | 逆时针旋松压力排放螺栓，通过排放软管释放压力，直至压力表读数变为“0”。在压力表读数变为“0”之前，不可进行下一步操作 |
| 8 | | 将滑移阀移至气囊“BLADDER”位置，将气囊内空气排空 |

**提示**：首先检查发动机的外部是否有冷却液泄漏，必要进行修理。请重点检查下列部件。

◇机油冷却器。

◇水泵。

◇空气压缩机缸盖密封垫。

◇碗形塞和管塞。

◇冷却液管。

对于内部冷却液泄漏，可能需要拆下摇臂室盖和油底壳、查找渗漏部位。如果是缸盖内部渗漏，有时还要将缸盖拆下、单独打压进行检查。



**你学会了吗?**

1. 柴油机的冷却系是怎样工作的?
2. 如何为冷却系加压、检漏?
3. 散热器盖如果开启压力过低，会产生怎样的后果?

# 第 20 天　进、排气系统检测



**学习目标**

1. 了解柴油机进、排气系统的结构和工作原理
2. 掌握增压器、中冷器等机件的检测方法



**基础知识**

**1. 进气系统概述**

进气系统的作用包括提供清洁空气，并保证进气量满足发动机实际需要；将新鲜空气均匀充分地分配到各个气缸中。进气系统主要元件包括空气滤清器、进气管、增压器和进气歧管等。康明斯 ISM 发动机进气系统如图 6-22 所示。

（1）空气滤清器（图6-23）　空气滤清器作用是滤除空气中的杂质和灰尘，保证进入气缸空气的清洁；降低进气噪声。空气滤清器类型有油浴式空气滤清器和纸滤芯空气滤清器两种。其中纸滤芯空气滤清器应用普遍；油浴式空气滤清器用于环境空气沙尘较多的恶劣使用条件。

（2）增压器　将空气预先压缩后供入气缸，以提高空气密度、增加进气量，从而提高发动机功率和燃油经济性。

增压器结构如图6-24 所示。废气驱动涡轮旋转，涡轮带动同轴安装的压气机叶轮一起旋转，新鲜空气被从压气机入口吸入，加压后的空气通过叶轮外圆周的出口流出、进入进气歧管。

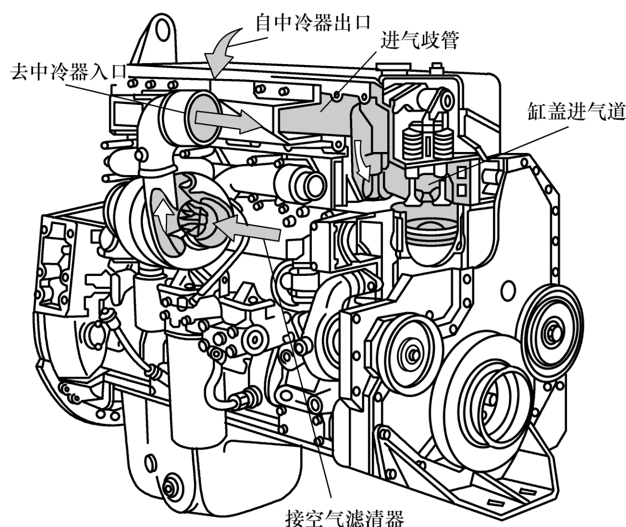



图 6-22　康明斯 ISM 发动机进气系统




图 6-23　空气滤清器结构

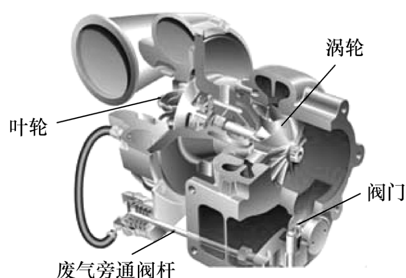



图 6-24　增压器结构

废气旁通阀，用于增压控制。其结构如图 6-25所示。增压后压力作用于气膜的右侧。当压气机压力较低时，膜片左侧的弹簧力大于膜片右侧的压力、膜片处于右位，排气旁通阀关。当增压压力大于弹簧力时、膜片左移，排气旁通阀开，部分废气直接排入排气管，这就控制了增压压力和涡轮机转速。废弃旁通阀控制了进气压力不至于过高。

增压器上有进油管，来自主油道的机油润滑和冷却增压器轴和轴承。增压器回油管将润滑后的机油送回油底壳。

（3）中冷器　中冷器是个热交换器，它为压缩后温度较高的空气降温、提高进气密度和充气量。由于冷却方式不同，中冷器分为空－空中冷器和水冷型中冷器两种。图 6-26为目前重型柴油机普遍应用的空－空中冷器，它以环境空气作为传热介质、实现增压后的空气与周围空气的热交换。

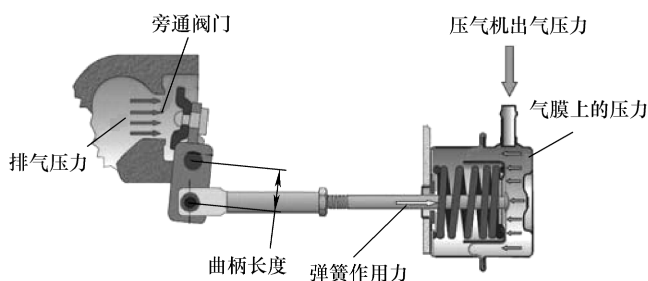



图 6-25　废气旁通阀



图 6-26　中冷器

**2. 排气系统概述**

排气系统（图 6-27）的作用是减小阻力和降低噪声，将废气排入大气。一些柴油机的排气管上设置有蝶阀。排气制动打开时，蝶阀关闭、增大发动机的制动力。国Ⅳ排放的柴油机，排气系统中加装有后处理器、颗粒捕捉器 PDF/DOC/POC 等，负责对污染物进行处理。

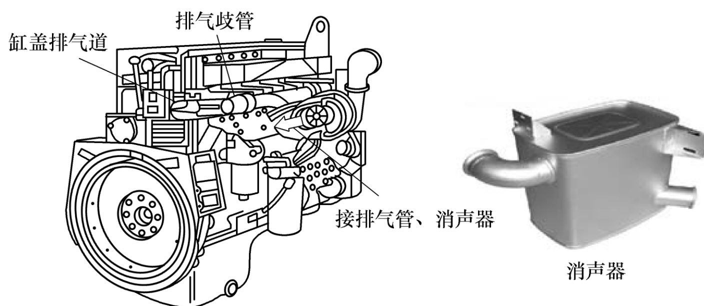



图 6-27　排气系统



## 实际操作

**1. 空－空中冷器检测**（康明斯 ISM 柴油机）

（1）泄漏测试（图 6-28）　要检查空－空中冷器或集气管有无裂纹，从空－空中冷器上拆下进气软管和出气软管。不必将空－空中冷器从底盘上拆下。为了避免某个堵头在测试中吹落而造成伤害，将测试堵头上的安全保护链牢固地固定。此项测试不能在没有安全保护链的情况下进行。

在中冷器的出气口上安装一个堵头或帽盖。在中冷器的进气口上安装一只压力表和带有切断阀的可调节的压缩空气供气管。向中冷器施加空气压力，直到压力表显示的空气压力稳定在 207kPa［30psi］，然后切断向中冷器的供气。检查 15s 内压降如果等于或小于 34kPa［5psi］，中冷器功能完好；如果 15s 内压降大于 34kPa［5psi］，说明有泄漏，需要更换中冷器。

**注**：空－空中冷器的设计不能保证100%的无泄漏。如果15s内压降小于34kPa（5psi），那么就不需要更换空－空中冷器。

（2）温差测试　检查空－空中冷器外部是否堵塞，清除散热片中的杂物。将风扇直连，以避免测量结果出错。在靠近进气歧管的空气管道上安装数字式温度计。在空气滤清器进气口上安装另外一个数字式温度计测量周围空气温度。进行一次道路测试，让发动机全负荷运转，同时保证车速大于或等于48km/h［30mile/h］，记录进气歧管温度和环境空气温度。

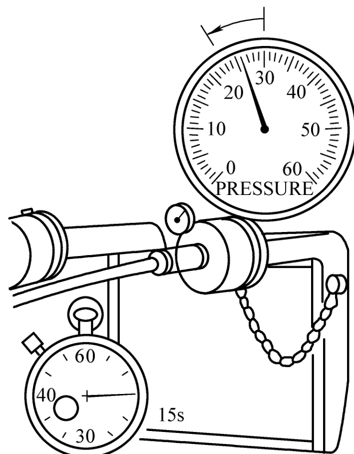


图6-28　中冷器泄漏测试

**计算温差**：

进气歧管温度－环境空气温度＝温差

最大温差：28°C。如果温差大于技术规范，检查空－空中冷器的散热片上有无污垢或碎屑，必要时清洁。

（3）压差测试（图6-29）　将水银压力计的一端接到涡轮增压器压缩机出口弯管的接头上。将水银压力计的另一端接到进气歧管上，让发动机以额定转速和额定负载运转，记录压力计的读数。如果压差大于20kPa（152mmHg，6inHg），检查空－空中冷器和相应的管路是否堵塞。如有必要，进行清洁或更换。

也可以使用两块量程合适的压力表进行此项测试。

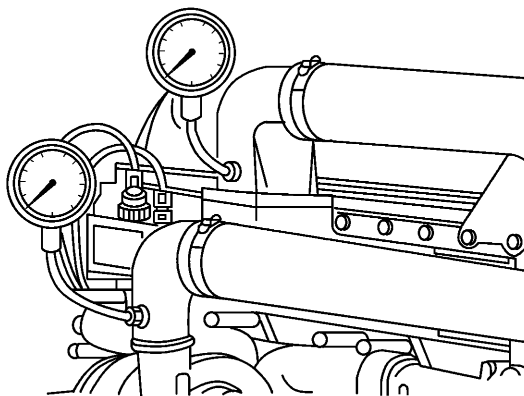


图6-29　中冷器压差测试

**2. 进气阻力测量**（图6-30）

在涡轮增压器前进气管内安装真空表或水压差计。仪表接头必须与气流方向成90°角。在额定转速和最大负荷之下运转发动机。记录仪表或压力表上的读数。最大允许进气阻力0.6kPa（63.5mm$H_2O$，2.5in$H_2O$）。进气阻力过大，应检查空滤器和进气管。

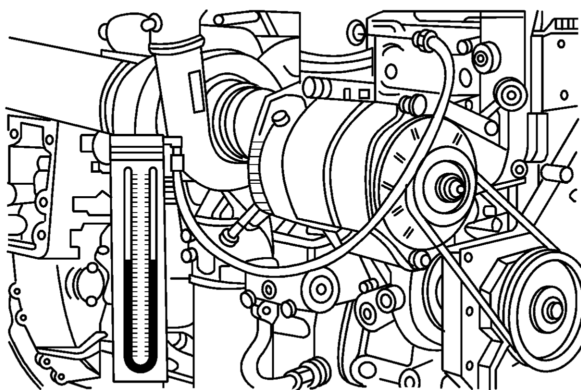


图 6-30　进气阻力检测

**3. 排气阻力检测**

在消声器前的排气管上安装压力表。从排气管接头处引出最短长度为305mm（12in）的金属管，保护软管以防过热。让发动机以额定转速和额定负载运转，记录压力表读数。

排气阻力规范：

不带后处理（最大）：10kPa（75.0mmHg，3.0inHg）

带后处理（最大）：41kPa（305.0mmHg，12.0inHg）

如果排气压力超过技术规范，检查排气管是否损坏。如果车辆配备有后处理系统，检查后处理柴油微粒滤清器或柴油氧化剂催化器是否堵塞。在高排气阻力下发动机运行时间过长会损坏涡轮增压器油封。



**你学会了吗?**

1. 中冷器的主要检测项目有哪些?
2. 排气背压如何检测?

# 第七章

# 柴油机机械故障诊断入门

## 第 21 天　柴油机动力不足故障诊断入门

**学习目标**

1. 了解柴油机动力不足故障的常见原因
2. 掌握柴油机动力不足故障的诊断方法

**基础知识**

动力不足故障是柴油机的典型故障之一。影响柴油机动力的因素是多方面的，如进、排气系统、燃油系统和机械系统等，它们都可能导致柴油机动力不足。以下对能够导致柴油机动力下降的原因进行分析。

**1. 进气系统故障**

1）空气滤清器堵塞造成进气阻力增加、进入气缸的空气量减少，致使柴油燃烧不完全、动力下降。

**提示：**不论空气滤清器采用湿式还是干式，都应经常清理空气滤清器芯子，必要时更换滤芯，保证空气滤清器清洁。

2）进气管路漏气、中冷器漏气。

**提示：**增压器后进气管漏气，会导致增压器工作失效、充气效率下降。对于电控柴油机，由于装有进气压力传感器，可以通过数据流监测进气压力。

3）增压器故障。

**提示：**增压器的技术状况与充气效率直接相关。通常情况下，通过检查增压器的轴向间隙（图 7-1）和径向间隙，即可判定增压器的技术状况。如果增压器轴向间隙和径向间隙过大，会破坏增压器运转中的动平衡，增压器转速就会降低。增压器废气旁通阀如果出现机械性卡滞，也会使增压器功率降低。

**2. 排气管或消声器阻塞**

排气管或消声器阻塞会造成排气不畅通，排气阻力增大，充气效率下降、柴油机动力降低。

**提示：**

◇排气背压检测是确认排气阻塞的有效手段。当测得的背压值高于规范时，应检查排气管路及消声器（或后处理器）是否通畅。

◇在装有排气制动的柴油机上，蝶阀（图 7-2）卡死在关闭位置上或不能有效打开时，也会使排气背压增大。

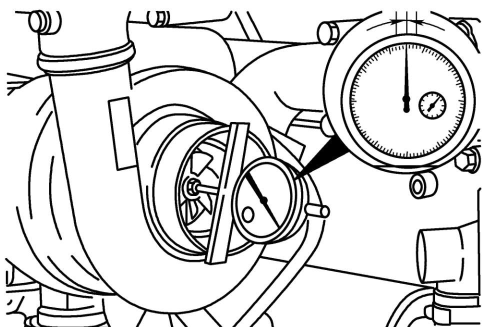


图 7-1　增压器轴向间隙检测



图 7-2　排气管上的蝶阀

**3. 燃油系统故障**

（1）供油提前角失准　供油提前角过大或过小都会使柴油燃烧条件变坏、柴油机输出功率降低。机械泵柴油机除了要正确安装油泵、保障喷油正时之外，一般还可对供油提前角进行微调。

**提示：**一些机械泵柴油机，用于固定油泵的螺栓孔为长孔，如图 7-3 所示。要调整供油提前角时，先将所有的固定螺栓松开，然后转动油泵、将其重新固定，就可以对供油提前角进行微调。当顺着泵轴旋转方向转动油泵时，供油将延迟；当逆着泵轴旋转方向旋转油泵时，供油将提前。




图 7-3　喷油泵的安装

供油过早的柴油机，加速时有敲击声，调整时应顺着泵轴旋转方向转动油泵、推迟供油提前角。当柴油机供油过迟时，加速无力、发动机高温，调整时逆着泵轴旋转方向旋转油泵、增大供油提前角。

（2）燃油滤清器及管路阻塞　燃油滤清器阻塞造成柴油流动阻力增大、低压油路压力降低，进入高压泵的油量随之减少，喷油量降低，造成柴油机输出动力不足。

**提示：**定期清理（更换）燃油滤清器滤芯，对保证燃油供给至关重要。燃油的品质也要符合要求，劣质燃油更容易使滤清器堵塞。

（3）低压油路阻塞　低压油路阻塞，柴油流动阻力增大，致使低压泵供油不畅。对于此类故障，应拆卸检查油管，发现油管折弯或损坏时应更换。

（4）油路中有空气　油路中有空气会造成供油断续、压力波动。

**提示：**用手油泵排除低压油路中的空气时，若无法排尽，应检查油路中是否渗漏、燃油箱是否油量不足。

（5）输油泵故障　输油泵磨损，或油泵的进出油阀关闭不严，均会导致低压油路供油压力不足。使用油压表测量低压油路压力，可以确认输油泵故障。

（6）喷油器偶件磨损、咬死或雾化不良　喷油器偶件磨损、咬死或雾化不良时会导致个别缸工作不良或不工作，直接导致发动机动力下降。机械泵柴油机各缸工作状况可以通过断缸测试来判断。断开某缸高压油管，如果发动机转速无明显变化，则说明该缸工作不良。确定故障缸后，应拆下喷油器进行检查。

**提示：**

◇机械喷射柴油机的喷油器可以在喷油器试验台上校验，调整喷油器的喷油压力及更换针阀偶件。

◇喷油器发生故障后会导致发动机冒黑烟；拆下喷油器检查会发现喷油器上有油迹；严重时排气歧管接口会渗油。

◇喷油器磨损滴油，发动机加速时会有敲击声；断缸测试可以确定缸位。

（7）高压泵故障　高压泵供油量下降或供油量不均匀、各缸供油时刻不一致、调速器故障等都会使发动机动力下降。高压泵的校验需要在专用的试验台上进行（图 7-4）。通过更换柱塞偶件、出油阀偶件，对各缸供油一致性进行调整，恢复高压泵的性能。

**4. 机械故障**

（1）气缸压力下降　活塞、缸套磨损过度或活塞与缸套拉伤严重；缸垫损坏；进气门或排气门磨损、密封不严等均会导致缸压下降。缸压偏低，燃烧不完全，发动机功率就会下降。

**提示：**

◇气缸压力可以通过气缸压力表进行测量。

◇气缸密封不良所致的缸压下降一般会伴有柴油机下排气增加。

（2）气门间隙过大、过小　气门间隙失准改变了气门开关时刻，会使柴油机动力性和经济性变坏。气门间隙过小，还会导致热车时气门无法可靠关闭、缸压下降、影响燃烧。



图 7-4　机械喷射高压油泵试验台

**提示：**气门间隙调整一般在冷机条件下进行。



## 维修案例

潍柴 WP10 共轨柴油机动力不足

故障现象：一台配装潍柴 WP10 共轨柴油机的陕汽重卡，发动机空载加速正常，爬坡行驶时动力不足。

故障排除：检查油管未见堵塞和折弯；检查空气滤清器堵塞指示器，未见堵塞；检查进气管路，无漏气，更换燃油滤清器后故障排除。



## 你学会了吗?

1. 柴油机动力不足原因有哪些?
2. 如何判断发生故障的喷油器?

# 第 22 天　柴油机高温故障诊断入门



## 学习目标

1. 了解柴油机高温故障的常见原因
2. 掌握柴油机高温故障的诊断方法



## 基础知识

柴油机高温是指工作中冷却液温度高过正常范围的故障。高温破坏了机件间的正常配合关系；润滑油在高温的使用条件下也会变稀；由于润滑条件变坏，机件的磨损速度会大幅度提高。高温故障如果得不到及时维修，将会诱发更为严重的故障，如拉缸、活塞烧顶，甚至于捣缸等。

柴油机的高温故障可能是冷却系统本身的原因，也可由其他原因所引起。主要原因有以下几点：

**1. 节温器打不开**

虽然柴油机冷却液温度已经达到了节温器开启温度，但是由于节温器内石蜡的泄漏，阀门开启过晚、开度不够，或根本打不开，冷却液不能进行大循环，柴油机在这种情况下工作会过热。

柴油机开始工作后，冷却液温度上升到节温器开启温度（80～90℃）时，用手摸一摸散热器上下水槽的温差便可以对节温器是否打开进行判断。温差过大则说明节温器未打开。

**提示**：节温器进一步检查，可以将节温器置于热水中加热，观察其开启温度和最大开度是否符合规范。

**2. 冷却液液面过低**

配有膨胀罐的汽车，膨胀罐上都会有液位刻线。正常加注防冻液时，应保证液面处于最高和最低液位之间。需要注意的是，当冷却系统排空后重新加注时，系统内部会存有一部分空气。当节温器打开后，内存的空气会完全排出来，这时液位会有所下降。因此当节温器打开后，再进行一次液位检查非常必要。

**3. 出气管堵塞**

如图 7-5 所示，在膨胀罐的顶侧，有两根细管，一根接于缸盖回水，另一根接于散热器上水室。如果这两根管不通畅，系统内的空气不能及时排除，就会出现冷却液温度过高的现象。

**4. 水泵叶轮的过度腐蚀、磨损或风扇传动带松动**

水泵叶轮的腐蚀、磨损，使返水能力大大地降低，水循环量下降，造成柴油机冷却液温度过高。如果是风扇传动带过松，会导致传动带打滑、风扇丢转，直接影响散热器散热。电控硅油风扇和电子恒温扇当前应用较多，这类风扇发生电路故障或机械故障时，也会使风扇不能接合，导致柴油机温度过高。

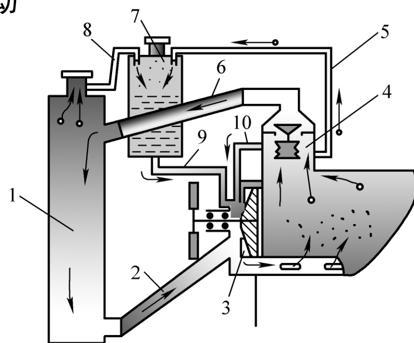



**图 7-5　冷却系统中的出气管**

1—散热器　2—水泵进水管　3—水泵　4—节温器
5—水套出气管　6—水套出水管　7—膨胀罐
8—散热器出气管　9—补充水管　10—旁通管

**5. 水管老化**

循环系统内的循环水管由于长时间的腐蚀，里面的胶皮脱落，形成节流；还有一些水管老化后变软，当柴油机高转速运转时，变软的水泵进水管会被吸瘪，直接导致水泵返水量下降。

**6. 散热器堵塞**

散热器或中冷器散热片被油泥，杂物堵塞，会直接影响散热器散热、造成冷却液温度高。如果使用的防冻液不合格，或系统加入了脏污的冷却液，也会使散热器内部堵塞。

**提示**：有的车辆的油尺管和机油加注孔在散热器和中冷器的两侧，当油尺管和机油孔出现排油故障以后，接着就出现了高温的情况，这是因为散热器和中冷器表面粘满了油泥。

**7. 供油时刻过晚**

供油时刻过晚，燃烧速度变缓，冷却液温度会明显增加。供油过迟柴油机常伴有起动困难，排气管冒黑烟，加速无力等现象。机械泵柴油机均能对供油时刻进行人工调整。

**8. 气缸口密封不良**

柴油机采用湿式缸套较多，当缸套定位台肩因腐蚀而导致缸套高度不符合规范时，缸口密封就不能保证。当燃烧室内的高压燃气通过缸口窜入水套时，膨胀罐加水口就会向外返水、冷却液散失，造成高温。

**9. 缸套、机体或缸盖裂纹**

缸套、机体或缸盖裂纹，会使气缸内高压气体窜入水套；冷却液也会通过裂纹进入缸内和油底壳。泄漏严重时，拆下油底壳观察就可以确定泄漏部位。比较轻微的裂纹可能需要打压、检漏。

**10. 柴油机严重过载**

当柴油机严重过载时，柴油机全负荷运行时间比率增加，柴油机热负荷增大，也容易高温。

**提示**：柴油机动力严重不足时，柴油机相当于长时间处于超载状态，温度必然偏高。因此当柴油机动力不足、同时伴有高温现象时，应先检修动力不足，当动力恢复后，往往温度高的问题自然解决了。



**维修案例**

**陕汽重卡发动机窜水**

**故障现象**：2007 年陕汽重卡，配备 WD615 柴油机，行驶 1 万多 km 时，如图 7-6 所示，发动机出现从膨胀罐处窜水、缺水、冷却液温度高故障。

**故障诊断**：发动机起动后观察各方面都正常，膨胀罐因窜水、高温显得发黄。发动机起动后，提高发动机转速、升温 5min 左右，膨胀罐内冷却水开始上涨，并从膨胀罐溢水管处返水，此时冷却液温度仅为 60～70℃。检查整车冷却液管路，发现散热器到膨胀罐的出水管折弯，将此管更换后试车，发动机返水故障消除。排气管不通畅，系统空气不能顺利排出，气体膨胀致使冷却液外泄。



图 7-6　膨胀罐窜水



**你学会了吗?**

1. 柴油机高温原因有哪些?
2. 空气进入水套会产生怎样的后果?

# 第23天　柴油机不着火、起动困难故障诊断入门



**学习目标**

1. 了解柴油机不着火的常见原因
2. 掌握柴油机不着火故障的诊断、排除方法



**基础知识**

**1. 柴油机在冬季起动为什么更容易发生起动困难故障?**

柴油机的起动，不仅取决于本身的技术状况，还受外界气温的影响。冬季低温下起动更困难，主要原因是。

1）冬季气候寒冷，环境温度低，机油黏度增大，各运动机件的摩擦阻力增加，使起动转速降低。

2）蓄电池容量随温度下降而减少，使起动转速进一步降低。

3）由于起动转速降低，压缩空气渗漏增多，气缸壁散热量增大，致使压缩终了时空气的温度和压力大为降低，使柴油发火的延迟期增长，严重时甚至不能燃烧。

4）低温下的柴油黏度增大，使喷射速度降低，加之空气在压缩终了时的旋流速度、温度和压力都比较低，使喷入气缸的柴油雾化质量差，难以与空气迅速形成良好的可燃气体并及时发火燃烧，甚至不能着火，导致起动困难。

**提示：**为了改善柴油机的冷起动性能，一些柴油机配备有预热装置，如进气预热、缸内预热塞、冷却液预热塞、油底壳加热、独立燃油加热器，等等。

**2. 柴油机起动性能良好的条件**

1）要有足够的起动转速。起动转速高，缸内的气体渗漏量少，压缩空气向气缸壁传热的时间短，热量损失少，使压缩终了时的气体温度和压力得以提高。一般要求转速在100～150r/min之间。

2）气缸的密封性要好。这可进一步减少漏气量，保证压缩终了时气体有足够的燃烧温度和压力，气缸的压缩压力不得低于标准值的80%。

3）要求柴油机主要配合副之间的配合间隙适当，且润滑良好。

4）蓄电池要有足够的电容量，且起动电路的技术状况正常。

5）起动油量符合规定，喷射质量良好，且喷油提前角要符合要求。

6）使用符合要求的燃料。



## 实际操作

**1. 柴油机起动时，曲轴不能转动的机械故障诊断与排除**

柴油机起动时，在起动系统完好的情况下，若变速器置于空档位置，按下起动开关，起动机有响声而曲轴不能转动，则属于机械故障。引起柴油机曲轴不能转动的原因及诊断与修复方法如下。

（1）原因

① 起动机与飞轮齿啮合不良。齿圈与起动机齿轮在起动发动机时会发生撞击，造成牙齿损坏或牙齿单面磨损。若牙齿连续 3 个以上损坏或磨损严重，起动机齿轮与齿圈牙齿便难以啮合。

② 粘缸。柴油机温度过高时停车熄火，热量难以散出，高温下的活塞环与气缸粘连，冷却后无法起动。

③ 曲轴抱死。由于润滑系统故障或缺机油造成滑动轴承干摩擦，以致最终抱死曲轴而无法起动。

④ 喷油泵柱塞卡死。

（2）诊断与排除方法

① 若飞轮齿圈有连续 3 个以上牙齿损坏，且与起动机齿正好相对，就会导致齿轮不能啮合。在这种状态下，只需用撬棒将飞轮撬转一个角度，再按起动按钮便可顺利起动。对于损坏的飞轮齿圈应更换。

② 从起动机安装口处检查齿圈是否松动。若齿圈松动，则须更换新件。在安装时，应先将齿圈放在加热箱中加热，而后趁热压在飞轮上，冷却后即可紧固于飞轮上。

③ 齿圈牙齿单边磨损严重时，可将齿圈压下，前后端面翻转后，再装在飞轮上使用。有的齿圈为单边倒角，翻转使用时，需要加工倒角。

④ 起动时飞轮不转动，检查齿轮啮合正常，如果起动机状况良好，则应为柴油机内部故障，如曲轴抱死，活塞粘缸，离合器卡滞等，对此应进一步检查。

**2. 柴油机起动转速正常，但不能起动（排气管中无烟）的诊断与排除**

起动柴油机时，排气管无烟排出，也无爆发声，一般属燃油没有进缸。

（1）原因

① 燃油箱中无油。

② 燃油滤清器、油水分离器堵塞。

③ 低压油路不供油。

④ 喷油泵不泵油。

⑤ 油路中有空气。

⑥ 配气相位失准。气门的打开时刻与活塞在气缸中的行程不协调。如活塞在气缸中作压缩行程时，进、排气门打开着，缸压无法建立，以致喷入气缸的燃油无法自燃，无法起动。

⑦ 共轨柴油机燃油计量阀卡滞，处于关闭状态，柴油不能进入高压腔，也会导致不着火。

⑧ 有些柴油机（如康明斯 ISM、VE 泵柴油机）低压油路设有燃油切断阀，此阀不能

通电打开，喷油器供油被切断，无法着车。

（2）诊断与处理方法

① 检查喷油泵熄火拉索是否回位。

② 检查燃油箱内是否有油，燃油箱开关是否打开。

③ 喷油泵操纵拉杆和驱动连接盘的紧固螺栓是否脱落。

④ 拧松喷油泵上的放气螺钉，用手油泵泵油排气，如果空气排不尽，应查明原因。

⑤ 检查油管是否漏气或堵塞。

⑥ 检查燃油滤清器和油水分离器是否堵塞。

⑦ 起动机带动发动机转动，检查输油泵是否泵油。

⑧ 拆松喷油器进油管接头，加速踏板踩到底，按下起动机开关，检查喷油泵是否泵油，若不泵油，说明油量调节拉杆卡在停油位置（即齿条发卡）；若是 A 型泵，应取下喷油泵的边盖检查并排除故障；若是 P 型泵等，则需解体检修。

⑨ 检查配气相位是否准确，若未对正正时标记，应重新进行调整。

⑩ 检查断油电磁阀（或燃油切断阀）是否通电打开。

**3. 柴油机起动困难或不能起动，排气管大量排白烟的诊断与排除**

柴油机起动时，排气管排出大量白烟，一般不属于供油系统故障。

（1）原因

① 柴油中有水，水在气缸内蒸发成水蒸气，从排气管排出。

② 气缸盖螺栓松动或气缸垫冲坏，使冷却液进入气缸。

③ 气缸体或气缸盖的某处有砂眼或裂纹，水进入气缸蒸发排出。

（2）诊断与处理方法

① 用手接近排气管消声器出口处，手上潮湿留有水珠，则确认有水进入气缸。

② 检查柴油中是否有水。查看油水分离器中是否有大量水，若有大量水，则是燃油质量差。首先应清除高、低压油路中的水分；再将燃油箱的放污螺塞打开放出燃油箱中的水，最后用清洁柴油冲洗燃油箱。

**提示**：一些柴油机（如潍柴共轨柴油机）的喷油器套损坏可导致冷却液进入燃油回油道，并随着回油一起流入燃油箱中。如果燃油箱大量进水，应检查喷油器衬套。

③ 打开散热器盖，按起动按钮的同时，观察冷却液加注口的液面是否冒气泡。冷却液加注口的液面有气泡冒出，则说明冷却液进入气缸内。

④ 进一步查找具体漏水部位，可向散热器充气，压力不大于 200kPa，打开油底壳，在发动机底部察看漏水处；再打开缸盖查看缸盖底部和气缸垫，检查故障部位。

**4. 柴油机起动困难或不能起动，排气管大量冒灰白烟的诊断与处理。**

柴油机起动困难，排气管排出大量的灰白烟为柴油蒸气。

（1）原因

① 发动机温度过低，柴油不易蒸发燃烧。

② 喷油器雾化不良。

③ 供油时间过晚。

④ 供油量过少，混合气过稀。

⑤ 气缸密封不良，压缩终了不能达到着火温度。

（2）诊断与处理方法

① 寒冷季节若发动机温度过低，应检查低温起动预热装置是否失效，预热器控制电路是否有断路、短路或预热器失效现象。

② 若低温预热装置正常，再检查喷油正时是否正确。必要时松开喷油泵固定螺栓，对供油正时进行调整。

③ 应检查各缸喷油器的喷雾质量是否符合要求。

④ 校对高压油泵，检查起动供油量是否符合规范。

⑤ 最后检查气缸压力，压力相差过大时应解体维修柴油机。

**5. 柴油机起动困难或不能起动，排气管大量冒黑烟的诊断与处理。**

柴油机起动困难，排气管大量排黑烟，是柴油燃烧不完全的结果。

（1）原因

① 柴油质量低劣。

② 进气不通畅，空气滤清器堵塞。

③ 喷油正时调整过早。

④ 喷油器针阀密封性差，有滴漏现象。

⑤ 喷油压力过低。

⑥ 喷油泵供油量过大，燃烧恶化。

⑦ 气缸压力低，雾化不良。

（2）诊断与处理方法

① 确定柴油品质是否符合要求。

② 检查空气滤清器是否堵塞。

③ 检查喷油正时是否过早。

④ 校泵，检查喷油泵是否供油量过大。

⑤ 检查喷油器的喷油压力和喷雾情况是否良好，是否有滴漏现象。

⑥ 用断油法检查各缸的工作情况，断缸后黑烟减轻，说明该缸有故障。

⑦ 若上述检查均正常，应检查气缸压力及活塞、活塞环与气缸间隙有无异常，是否是气缸垫冲坏或气门关闭不严等。

**6. 柴油机热起动困难的诊断与处理**

柴油机冷起动良好，但运行一段时间温度升高后熄火，再起动较为困难。

（1）原因　主要是喷油泵柱塞副和喷油器针阀副严重磨损所致。当热车起动时，由于喷油泵及燃油滤清器的温度较高，燃油黏度下降，加之起动转速较低，大部分柴油从磨损的缝隙处泄漏，造成起动油量不足而无法起动。

（2）诊断与处理方法

① 检查校验喷油器。

② 用喷油泵试验台校验喷油泵，确认柱塞副或针阀副严重磨损时，应更换新品。



**你学会了吗?**

1. 柴油机不着火原因有哪些?
2. 柴油机热起动困难的原因有哪些?

# 第 24 天　柴油机润滑系统故障诊断入门



**学习目标**

1. 了解润滑系统结构和工作原理
2. 掌握柴油机机油压力异常故障排除方法



**基础知识**

## 一、柴油机的润滑方式

柴油机工作时，由于各运动零件的工作条件不同，因而要求的润滑强度和方式也不同。零件表面的润滑，按其供油方式可分为压力润滑，飞溅润滑和定期润滑。

（1）压力润滑　利用机油泵，将具有一定压力的润滑油运送到摩擦表面的润滑方式。例如，曲轴主轴承、连杆轴承及凸轮轴轴承等处承受的载荷及相对运动速度较大，润滑方式均为压力润滑。

（2）飞溅润滑　利用柴油机工作时运动零件飞溅起来的油滴或油雾来润滑摩擦表面的润滑方式称为飞溅润滑。这种润滑方式用于承受载荷较轻的气缸壁，以及配气机构的凸轮表面、挺柱等的润滑。

（3）定期润滑　柴油机外部有些零件只需定期加注润滑脂（黄油）进行润滑，例如一些柴油机的水泵及发电机轴承就是采用这种方式润滑。近年来在发动机上采用含有耐磨润滑材料（如尼龙、二硫化钼等）的轴承来代替加注润滑脂的轴承。

## 二、润滑系统主要机件

如图 7-7 所示，柴油机润滑系统一般由机油泵、油底壳、机油滤清器、机油散热器、各种阀、传感器和机油压力表等组成。

（1）油底壳　储存润滑油，散热。

（2）机油泵（图 7-8）　建立机油压力，保证机油在润滑系统内不断循环。目前柴油机机油泵主要有外啮合齿轮泵和内啮合转子泵两种。一般由齿轮驱动，或曲轴直接驱动。

（3）机油滤清器（图 7-9）　滤除机油中的杂质、磨屑、油泥及水分等杂物，使循环流动的机油在输送到运动零件表面之前得到净化处理。这对保证摩擦表面的良好润滑，延长柴油机的使用寿命至关重要。机油滤清器一般在发动机保养、更换机油时，一起更换。

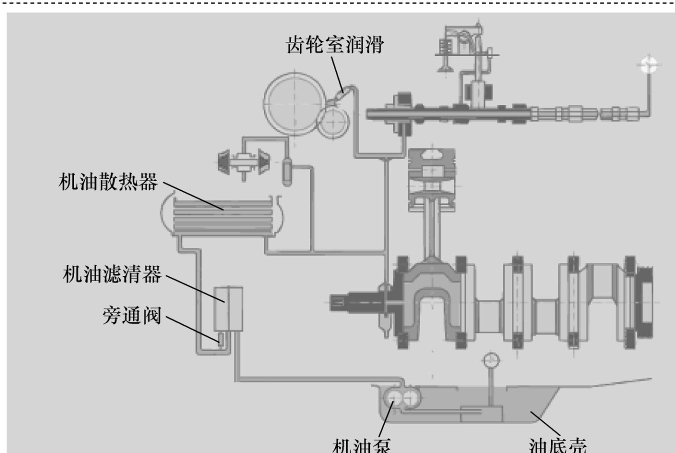


图 7-7　柴油机润滑系统

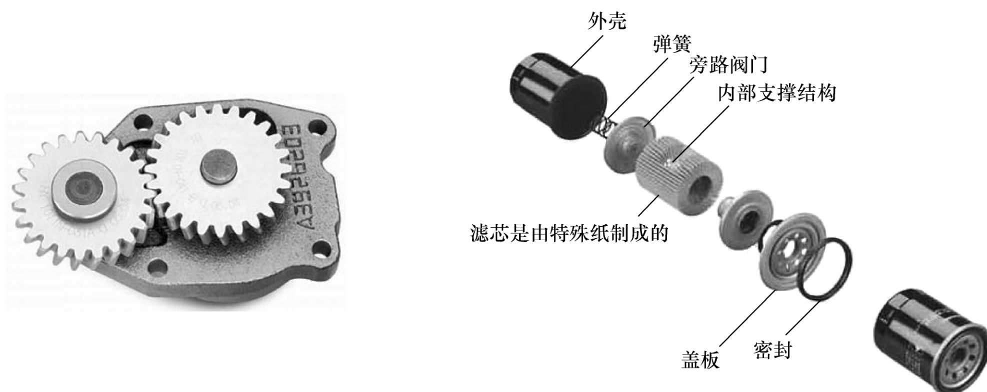


图 7-8　机油泵

图 7-9　机油滤清器

（4）主油道　直接在缸体与缸盖上铸出，主油道负责将压力机油输送到曲轴、凸轮轴、齿轮室、活塞冷却喷嘴和摇臂室等部位。

（5）机油散热器（图 7-10）　用于机油与冷却液间的热交换，将机油热量散发到冷却液中、保证油温不至于过高。

## 三、各阀类件的作用


图 7-10　机油散热器

（1）限压阀　多装在机油泵壳体上。限制润滑系统内的最高油压，防止因压力过高发生机件损坏或泄漏现象。当油压超过正常工作范围时，限压阀打开，部分机油泄回油底壳，保持润滑油路内油压不至于过高。限压阀开启压力一般要在 800kPa 以上。

（2）机油滤清器旁通阀　装在机油滤清器上。若机油滤清器被杂质堵塞时，机油便顶开旁通阀直接进入主油道，以保证发动机各部件润滑油供给。

（3）机油压力调节阀　用于机油压力调节，当机油压力超过一定值时，调节阀将机

油泵进油通道和出油通道接通，从而将机油压力调控在正确范围内。

（4）机油散热器旁通阀　机油散热器堵塞或柴油机冷起动机油压力过大时，此阀打开。

（5）机油压力表传感器　安装于主油道上，为油压表和油压警告灯提供油压信号。



## 维修案例

**1. 机油压力不正常**

润滑油压直接影响润滑部位的油量供给，也影响油膜的承载能力。柴油机主油道的机油压力一般应在0.20~0.50MPa之间，当低于0.07MPa时将难以保证各零部件的有效润滑。油压不正常主要表现为油压过高和过低。

（1）油压过高的原因

① 油道堵塞，可能造成有些部位无润滑油供给。

② 机油黏度过大，流通不畅，流量不足。

③ 调压阀的压力调整不当或堵塞、卡死。

（2）油压过低的原因

① 机油黏度过低，润滑部位的泄漏量大。

② 各润滑件的配合间隙过大，机油的泄漏量增加，如曲轴主轴承、连杆轴承间隙每增加0.01mm机油压力大致降低约0.01MPa。

③ 限压阀或机油压力调节阀卡滞、泄漏，弹簧弹力过弱。

④ 机油泵磨损。

⑤ 油底壳中油量少，吸入空气。

⑥ 管路泄漏。

**2. 机油温度过高**

柴油机正常的机油温度应该是90~110℃，油温过高使机油黏度降低、油压下降，无法形成良好油膜。油温过高的原因主要如下：

① 机油量不足。

② 冷却效果不良，冷却液温度过高。

③ 柴油机长期超负荷运行。

**3. 机油消耗量大**

机油消耗量过高，排气冒蓝烟，一般是由于气门导管松旷、气门油封渗漏或气缸壁磨损过度而引起的，增压器损坏也会使机油窜入进、排气管。具体原因包括：

① 活塞与气缸间隙过大。

② 活塞环磨损、断裂。

③ 活塞环被粘住、对口，或扭曲环装反。

④ 活塞环与环槽侧隙过大。

⑤ 涡轮增压器损坏、渗油。

⑥ 气门杆与导管配合间隙过大或油封失效。

**4. 油中进水**

冷却水进入机油内，则机油变质、呈乳白色、黏度降低甚至失效，主要原因如下。

① 机油散热器内部管子渗漏或冷却器芯子两端的密封圈失效，使机油、冷却液在散热器内混合；散热器渗漏也会使机油进入冷却液中。

② 湿式缸套外壁阻水圈老化变质失去密封作用，缸套周围的冷却液会进入油底壳。

③ 缸体或缸盖有裂纹，水漏入缸内、油底壳。

**5. 机油变质过快**

机油没用多久就出现变稀、杂质增多、无法继续使用，主要原因有。

① 机油牌号不对、质量达不到要求。柴油机一定选用质量等级符合使用要求的机油。

② 柴油机技术状况不好。如气缸窜气；个别气缸缸压过低、燃烧不完全；喷油器雾化不好、滴油等。

③ 柴油机经常在低温、低负荷、低速下运转，燃烧不完全，有柴油沿缸壁进入油底壳使机油稀释变质。

④ 机油滤清器堵塞、旁通阀开启，未经滤清的脏机油进入润滑部位，加速了零件的磨损和机油老化变质。



**你学会了吗?**

1. 柴油机机油压力低原因有哪些?
2. 柴油机机油变质过快主要原因有哪些?

## 第 25 天　柴油机进、排气系统故障诊断入门



**学习目标**

1. 了解增压器使用注意事项
2. 掌握进、排气系统常见故障诊断方法



**基础知识**

增压器是进、排气系统中的一个重要元件。很多进、排气系统故障与增压器有关，因此如何使用好增压器、减小增压器故障的发生，应该引起足够的重视。

因为增压器的额定工作转速在 130000r/min 以上，且处于排气歧管出口处，温度极高（800℃以上），进、排气压力也较大。高温、高压、高转速的工作条件，对增压器的润滑、冷却及密封的要求比较高。为了保证增压器的使用寿命，在设计上要保证对增压器浮动轴承的润滑和冷却，同时，在使用中应注意以下几点。

① 发动机起动后应怠速运转 3 ~ 5min，不要立即加负荷，以保证增压器的良好润滑。这是因为增压器位于发动机的顶部，如果发动机起动后增压器立即开始高速运转，就会导致在机油未能供给增压器的情况下，增压器高速运转、造成增压器缺油损坏，甚至烧坏整个增压器。

② 怠速时间不宜过长，一般不超过 10min，怠速时间过长，压气机侧始终处于低压状态、容易造成压气机端漏油。

③ 不要高速关闭发动机，应怠速运转 3 ~ 5min，以使增压器转速和排气系统的温度降下来，防止发生润滑不良、轴承烧损等故障。经常性的不正确使用会使增压器损坏。

④ 新换增压器的发动机，在使用前应在增压器的进油口加注 50mL 左右机油，以防因润滑不良降低寿命或损坏增压器。

⑤ 定期检查各连接部位是否有松动、漏气、漏油现象，回油管是否通畅，发现异常及时处理。

⑥ 保证空气滤清器清洁，并按要求定期更换。进气不畅会导致增压机进气口负压过大，增压器容易渗油。

⑦ 定期更换机油和机油滤清器。变质和脏污的机油会导致增压器润滑不良。

⑧ 定期检查增压器轴的径向间隙、轴向间隙，间隙过大要及时维修。

**故障诊断**

**1. 进气歧管空气温度高**

原因：

① 进气歧管温度传感器故障（电控发动机）。

② 车速太低，发动机高负荷下冷却不足。

③ 散热器的百叶窗不能完全打开，或者百叶窗的开度设置不正确。

④ 寒冷气候下散热器罩或防寒前罩已关闭。

⑤ 空－空中冷器散热片、散热器散热片或空调冷凝器散热片被碎屑堵塞。影响整体通风和散热。

⑥ 风扇护罩损坏或丢失，或者是空气导流板损坏或丢失。

⑦ 风扇驱动带松动，风扇驱动或控制装置发生故障。

**提示**：进气温度过高，影响充气效率，因此会同时导致发动机动力不足。

**2. 进气歧管（增压）压力低于正常值**

原因：

① 进气歧管压力传感器发生故障（电控发动机）。

② 进气或排气泄漏。

③ 空－空中冷器堵塞或泄漏。

④ 进气系统阻力超出技术规范，需检查空气滤清器和增压器前进气管。

⑤ 涡轮增压器废气旁通阀损坏或卡死在开启位置，增压器不工作。

⑥ 涡轮增压器磨损或损坏。

⑦ 增压器型号不正确。

⑧ 如果空气压缩机进气管接于增压器后的进气管，空气压缩机连接管松动或损坏会使进气歧管压力下降。

⑨ 排气系统受阻。排气背压过大，会降低增压器转速。

**提示**：进气压力过低，致使进气不足，会导致发动机动力不足。

**3. 涡轮增压器泄漏机油**

原因：

① 发动机长时间在小负荷或空载状况下运转。

② 增压器型号不正确。

③ 涡轮增压器机油回油管堵塞，致使机油沿着增压器轴端向涡轮端或压气机叶轮端渗漏。

④ 曲轴箱压力过高，影响了增压器回油。

⑤ 涡轮增压器油封泄漏、增压器间隙过大。

**提示**：此故障发生时，先检查曲轴箱通风是否堵塞、增压器回油是否通畅、增压器间隙是否过大，必要时进行维修。以上检查均无异常，但曲轴箱压力过高时，应拆检发动机、检查气缸密封性。

**4. 曲轴箱窜气（下排气）过多**

① 曲轴箱通风系统堵塞。

**提示**：在发动机工作时，燃烧室的高压可燃混合气和已燃气体或多或少会通过活塞与气缸之间的间隙漏入曲轴箱内。窜气的成分为未燃的燃油气、水蒸气和废气等，这会稀释机油，降低机油的使用性能，加速机油的氧化、变质。

为防止曲轴箱压力过高，延长机油使用期限，减少零件磨损和腐蚀，防止发动机漏油，柴油机设有曲轴箱通风装置。通风管路连接有开式连接（图 7-11b）和闭式连接（图 7-11a）两种。

油气分离器堵塞时可以进行清洗，然后用压缩空气吹干。清洗无效时，则需更换。

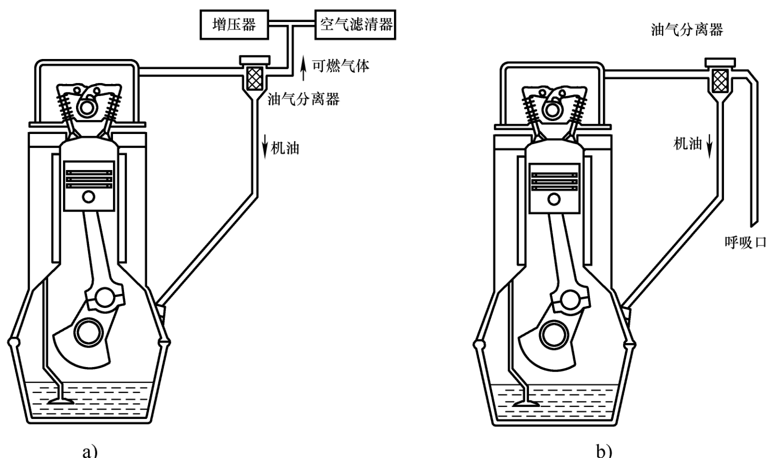



**图 7-11　两种不同的曲轴箱通风连接方式**

a）闭式连接　b）开式连接

② 涡轮增压器油封泄漏。

③ 空气压缩机故障。

④ 缸盖气门导管过度磨损。

⑤ 缸套、活塞或活塞环磨损或损坏。

当柴油机下排气量过大时，一般先检查曲轴箱通风装置、增压器，确认没有问题的情况下，再拆解发动机、检查气缸和气门杆的密封性。



## 你学会了吗?

1. 柴油机曲轴箱压力过高原因有哪些?
2. 增压器使用时应注意哪些事项，以防止其过早损坏?

# 第 26 天　柴油机异响故障诊断入门



## 学习目标

1. 了解柴油机常见的异响类型及特征
2. 掌握柴油机异响故障的诊断方法



## 基础知识

与汽油机相比，柴油机压缩比高，热负荷大，工作相对粗暴、噪声大，这给异响的诊断增加了难度。柴油机的异常声响也有其特定的规律，常见的异响有以下几种：

**1. 活塞敲缸**

活塞敲缸会导致发动机燃料消耗过高，经济性变差。当活塞敲缸严重时，还会打碎活塞，甚至损坏连杆和缸体。活塞敲缸异响发生的部位在发动机气缸的上部，一般发生在活塞做功冲程开始的瞬间。活塞在气缸内摆动或窜动，其头部或裙部与缸盖或缸壁相碰撞而产生异响，发动机在怠速运转时，是有节奏的“当当”声，明显而清晰。敲击声随发动机温度的变化而变化，低温条件下声音比较明显；温度升高后，响声减弱或消失。当突然加大油门时，就发出“嘎嘎”连续的金属敲击声。如果多缸有敲击，由怠速提高到高速时，声响嘈杂无序。

（1）原因

① 活塞与气缸壁配合间隙过大。

② 气缸磨损，在第一道气环位置出现较严重的台阶，使活塞敲击台肩发出异响声。

③ 活塞裙部与气缸磨损严重，造成失圆而敲缸。

④ 连杆弯曲或扭转变形，使活塞在气缸内偏斜不正，造成不正常磨损，使活塞敲缸。

⑤ 活塞销与连杆衬套配合过紧。这种情况多发生于刚装配的发动机。

⑥ 活塞变形。活塞变形多为拉缸所引起，拉缸严重会导致活塞裙部尺寸变小。

⑦ 润滑不良。如环境温度过低、机油黏度过大，冷车起动后就容易发生敲缸。

（2）诊断与处理方法

① 打开机油口盖，将发动机转速调整在异响声最明显的范围内，观察加机油口处是否冒烟，排气管是否冒蓝烟；用螺钉旋具抵触在缸体上部，如果抵触处活塞敲击，则可感到振动感。

② 逐缸断油，若断到某个缸时，声音明显减小或者消失，而当恢复供油时又能听到敲击声，说明是该缸配缸间隙过大或喷油器滴油，应及时修理。

③ 若敲缸声仅发生在冷车运行时，发动机温度正常后声音消失，可以暂不维修，继续使用，等适当时机再行修理。

④ 因润滑不良而出现的敲缸，还应找出润滑故障原因予以检修。如活塞冷却喷嘴变形、喷油方位不正确，应予以更换。

⑤ 拆下气缸盖，抽出活塞检查时，如发现气缸严重失圆、拉伤、连杆变形等应进行换件维修。

**2. 活塞环异响**

活塞环的敲击声是钝哑的“啪啪”声。声响的变化特点是随转速升高而增大，并且变成较杂乱的声音。

（1）原因

① 活塞环断裂。

② 活塞环槽积炭过多或活塞环的端隙过小。当温度升高后没有膨胀余地，使活塞环卡死在气缸内或环槽内。

③ 活塞环与环槽磨损过甚，侧隙、背隙和端隙过大。

（2）诊断与处理方法

① 发动机运行时，打开机油口盖观察冒烟情况，再逐缸断油，若发现冒烟减轻或消失，声响也消失者，则说明是活塞环槽磨损过甚或活塞环断裂，应及时维修。

② 若断油试验声响没有变化，而用起子抵触缸盖部位，感觉有明显的振动，则是活塞环碰撞气缸磨损出的凸肩而发出的响声。

③ 解体发动机检查活塞环侧隙、背隙和端隙；测量缸壁间隙。

**3. 活塞销异响**

（1）原因

① 活塞销与销座孔配合松旷。

② 活塞销与连杆衬套磨损间隙过大。

③ 机油压力过低，机油飞溅不足，润滑不良引起活塞销严重烧蚀。

④ 活塞销卡环脱落，使活塞销自由窜动。

（2）诊断与处理方法

① 发动机由怠速运转升到中速时，抖动油门，声响随之变化，并且每轰一次油门都能听到明显而清脆的连续响声，则可以认为是活塞销响。

② 在较高转速下发出的响声比较严重，转速越高响声也越大且响声比敲缸清脆，说明是活塞销与衬套配合松旷。当活塞销响声较明显时，必须进行修理，以免打碎活塞，甚至损坏气缸套、缸盖或缸体。

**4. 连杆轴承异响**

连杆轴承响的特点是当转速和负荷增大时，响声也增大；当突然加速时，连续发出的“当当”的响声，但响声不随温度变化而变化。

（1）原因

① 连杆轴承与轴颈磨损严重或轴承盖螺栓松动，破坏了原来的配合间隙，发动机在做功时受到强大的冲击而产生响声。

② 发动机超负荷工作时间过长，轴承因工作温度过高而烧蚀。

③ 连杆轴承与轴颈的配合间隙过小，机油难以进入摩擦表面，造成轴颈与轴承干摩擦或半干摩擦而烧毁轴承。

④ 连杆轴颈失圆与连杆瓦间配合不佳。

（2）诊断与处理方法

① 首先查看机油压力表，若压力过低，而且伴随有“当当”声，则应尽快拆油底壳、卸下连杆瓦进行检查。

② 将机油口盖打开，可用听诊器插入机油口听诊。严重时，在发动机附近便可清晰听到响声。当油门突然加大时，响声更为明显。

③ 将发动机转速稍提高，避开怠速工作时的粗暴区，逐缸断油细听，若断油后声音减轻，在迅速供油的瞬间又发出“当”的声响，则说明该缸连杆轴承响。

④ 在汽车运行途中，若连杆轴承响声不是很明显，且断油后声响消失，又无较大的行驶坡度时，可先对有响声的气缸断油，待行驶到修理点后再进行修理。在此期间应特别注意行驶路程不能过长，行驶时，油门应保持中小负荷，不能过大，以免诱发捣缸事故。

⑤ 当轴承响声明显时，应就地维修，不可勉强行驶，避免造成更大损坏。

**5. 曲轴轴承异响**

曲轴轴承的响声较连杆轴承的响声沉重而有力。主要表现为突然加速时发出沉闷的“镗镗”声，严重时还伴有机体振动，其声响部位一般发生在缸体的下部，并随转速、负荷的增大（如汽车爬坡或满载）而增大。

（1）原因

① 曲轴轴承与轴颈磨损严重或轴承盖螺栓拧紧力矩不足、松旷、轴承盖断、曲轴断等，造成径向间隙过大而发出撞击声。

② 曲轴轴承在装配时间隙过小，使摩擦表面产生过热而烧毁轴承合金，甚至抱死。

③ 机油的供给不足或质量过差，使润滑油膜难以形成，造成摩擦表面出现半干或干摩擦。

（2）诊断与处理方法

① 曲轴轴承响是极为严重的故障之一，发现主轴承响声后应立即停车检修，以防出现重大事故。

② 曲轴轴承响在断油检查时，必须断掉相邻两缸的供油，才能确定第几道曲轴轴承的响声。

**6. 拉缸响**

发动机拉缸是指在气缸壁上沿活塞移动方向出现沟纹的现象，它能产生漏气和敲击声，使动力性、经济性变差，严重时使活塞卡死在缸内，发动机不能正常工作、甚至捣缸。气缸被活塞拉伤会使机油窜入燃烧室形成积炭，燃油漏至油底壳冲淡机油；有时候可从加机油口处闻到有燃油味，看到下排气增加。

（1）原因

① 使用不规范。新车走合期未按规定限速、限载，甚至使发动机超负荷工作，温度过高，破坏了气缸上的润滑油膜，引起活塞环与气缸壁间熔结拉伤，严重时，使活塞膨胀过大，与缸壁咬住拉伤。

② 维修后装配时，活塞与气缸壁间隙过小，活塞环端隙过小。

③ 活塞环断裂出现刃角，活塞销卡簧脱落，使活塞销窜出拉伤气缸。

④ 机油冷却喷嘴故障，造成散热和润滑不良。

⑤ 冷起动或低温下猛轰油门，燃油雾化不良，过多燃油进入气缸冲洗缸壁上的油膜拉缸。

⑥ 连杆变形使活塞在缸内歪斜。

（2）诊断与处理方法

① 发动机运转中，若出现类似敲缸的声音，且响声不随发动机的温度升高而减弱，下排气同时增加，即可初步断定为拉缸响。

② 拆卸气缸盖，检查缸壁的拉伤情况，必要时更换缸套、活塞和活塞环等。

**7. 发动机着火敲击声**

发动机的着火敲击是由于着火滞后期过长，压力升高率过大，致使发动机工作粗暴而形成的。其特征是在急加速时发出尖锐、清脆而连续的类似金属的敲击声。在怠速或小负荷工作时较明显，同时伴有机体振动。在大负荷高转速时响声相对较弱，运转也相对平稳。

（1）原因

① 喷油提前角过大。

② 柴油的标号不符合标准，十六烷值太低。

③ 喷油量过大或供油间隔角不均。

④ 喷油器的雾化质量过差、滴油。

⑤ 发动机温度过低。

（2）诊断与处理方法

① 采用汽车路试的方法先初步诊断。以高档低速平稳行驶，然后加速踏板急速踩到底，若发动机发出强烈而尖锐的敲击声，且长时间不消失，而稍抬加速踏板时，响声立即减弱或消失，重踩加速踏板时响声又出现，则可认为是着火敲击声响。可将喷油时间稍推迟，再进行路试。如果响声消失，则说明是喷油时间过早引起的。

② 若推迟喷油时间，响声不变，说明供油正时准确，可更换柴油后再进行路试，如果响声消失，则说明是柴油品质低劣引起的。

③ 因个别缸供油量过大引起的着火敲击声，亦可采取冷起动后，用手摸对应缸的排

气歧管的方法判断；对于大负荷有敲击声的，用手摸喷油器下部及其附近的气缸盖，如感觉被摸缸的温度比其他缸高，则说明是该缸供油量过大。也可用手握高压油管，感觉脉动较大的则是该缸供油量过大。

④ 个别缸供油量过大或供油时间过早，应拆下喷油泵在试验台上检查调试供油量和供油间隔角。

**8. 气门脚响**

气门脚响的现象是发动机在低转速时，上部发出有节奏的清晰均匀的“嗒嗒”声，且转速升高，声响略有增加。另外，该响声并不随温度的变化而变化，单缸断油也无变化。

（1）原因

① 气门脚间隙调整不当或调整螺钉锁紧螺帽松动。

② 气门间隙调整螺钉或摇臂磨损。

③ 凸轮磨损量过大，工作时使挺杆产生跳动。

④ 气门推杆弯曲。

（2）诊断与处理方法

① 气门脚响声不随温度的变化而变化，但随转速的高低而改变响声频率。在气门室罩盖处、怠速时声音清晰。

② 单缸断油试验响声无变化。

③ 为了避开低速下着火敲击声的干扰，可采用提高转速后迅速松抬加速踏板，趁发动机降速时听诊。

④ 打开气门室罩盖，用手捏住气门摇臂感觉振动相对较大的，即为该气门脚响。

⑤ 用塞尺插入间隙处，声响消失时为该气门脚响。

**9. 气门弹簧响**

气门弹簧响表现在发动机怠速时，在气门室罩盖处可听到“喀哒喀哒”的响声，严重时汽车的加速性能下降，并伴有起动困难和个别缸工作不良等现象。

（1）原因

① 气门弹簧质量差，弹力过弱或歪斜。

② 气门弹簧断裂。

（2）诊断与处理方法

① 气门弹簧响主要是由于弹簧断裂引起的，它的声音没有气门脚响的余音干净。气门弹簧是否断裂，拆开气门室罩盖就可以看出。

② 在响声不很明显的情况下，可抖动油门，当发动机改变转速时，气门弹簧会发出明显的无节奏的异响。

③ 在静态下，可用螺钉旋具撬动弹簧检查，也可用螺钉旋具滑动敲击弹簧，若声音不同于其他弹簧，有沙哑声，则说明该弹簧有裂纹或折断，应及时更换。

**10. 气门挺杆异响**

气门挺杆响的特征是发动机怠速运转时，听到类似气门间隙过大产生的“嗒嗒”声，响声清脆而有节奏，当温度变化或进行单缸断油试验时，响声并不变化，但中速以上可减弱或消失。

（1）原因

① 气门推杆弯曲变形。

② 挺杆与挺杆孔磨损严重，产生失圆和间隙过大。

（2）诊断与处理方法

① 检查时，拆下气门室罩盖，弯曲的推杆很容易发现。

② 发现挺杆响，先检查推杆是否变形，若有变形应予更换。当推杆完好时，再检查挺杆与挺杆孔的配合间隙是否过大。



**你学会了吗?**

1. 柴油机敲缸的原因有哪些?
2. 柴油机哪些异响断缸时会明显减弱?

# 第 27 天　柴油机起动系统故障诊断入门



**学习目标**

1. 了解起动控制的类型和主要特点
2. 掌握起动电路常见故障诊断方法



**基础知识**

柴油机的起动电路，有的受 ECU 控制，有的不受 ECU 控制。无论是否受 ECU 控制，起动只能在变速器处于空档时完成。多数柴油机有起动保护功能，即在柴油机运转（怠速及以上转速）条件下，点火开关置于起动档，起动机不再工作。

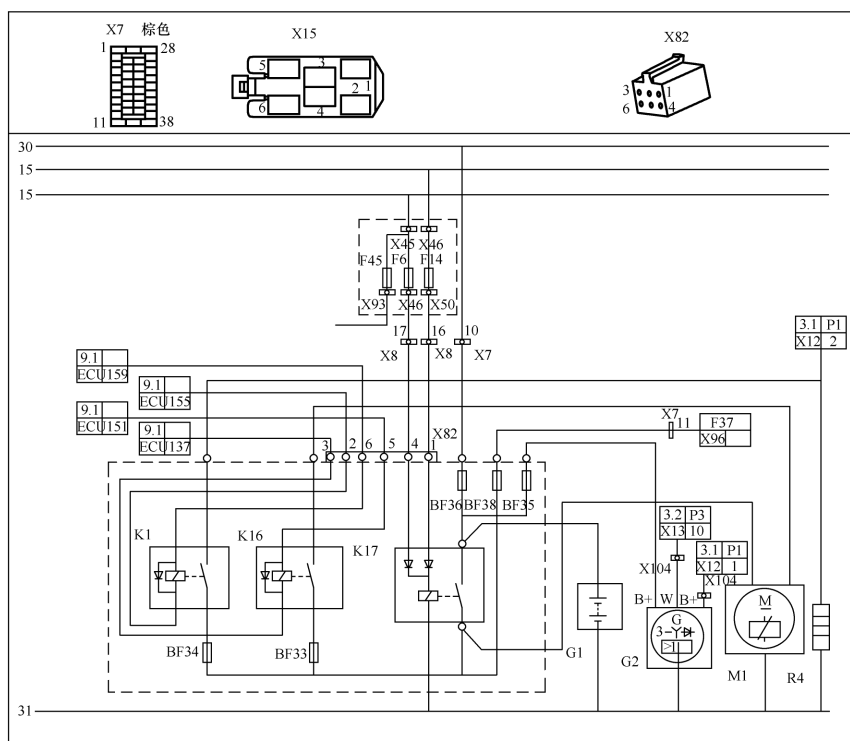
## 一、解放 J6（配备潍柴 WP12 共轨柴油机）起动控制电路

解放 J6 的起动控制相关电路如图 7-12、图 7-13 所示。

**1. 起动控制原理**

解放 J6（潍柴国Ⅲ共轨）汽车的起动电路系统较为复杂，起动受 ECU 控制。只有在传动系统断开时（踏下离合器踏板或挂空档）才可以起动。当变速档杆处于空档时，打开钥匙开关至 ON 档，ECU 针脚 140 得电，ECU 被唤醒进入工作状态，ECU 针脚 104 输出电源（24V）到空档开关，空档开关处于导通状态经 ECU 针脚 185 给 ECU 提供空档信号，ECU 则指令内部起动触发电路唤醒，此时再将钥匙开关旋动到起动档，则 ECU 针脚 161 得到钥匙开关来的起动信号，ECU 即经针脚 137 给起动继电器线圈提供正电，起动继电器线圈的另一端再由 ECU 针脚 151 经 ECU 内部电路触发搭铁构成回路，起动继电器触点闭合，起动机工作带动发动机运转着车。

电源、起动和预热系统




F14—电源总开关B1熔丝　F6—电源总开关B2熔丝　BF33—起动继电器熔丝　BF34—预热继电器熔丝
BF35—发电机B+熔丝　BF36—点火开关熔丝　BF38—熔丝盒熔丝　F45—预热熔丝　K1—预热继电器
K16—起动继电器　K17—电源总开关　M1—起动机　R4—空气加热器　Gl—蓄电池　G2—交流发电机
X7—底盘车身对接插接件　X8—底盘车身对接插接件3　X9—底盘车身对接插接件4
X15—起动预热开关插接件　X26—起动开关插接件1　X27—起动开关插接件2　X82—电源配电盒插接件

**图 7-12　解放 J6 起动相关电路（一）**

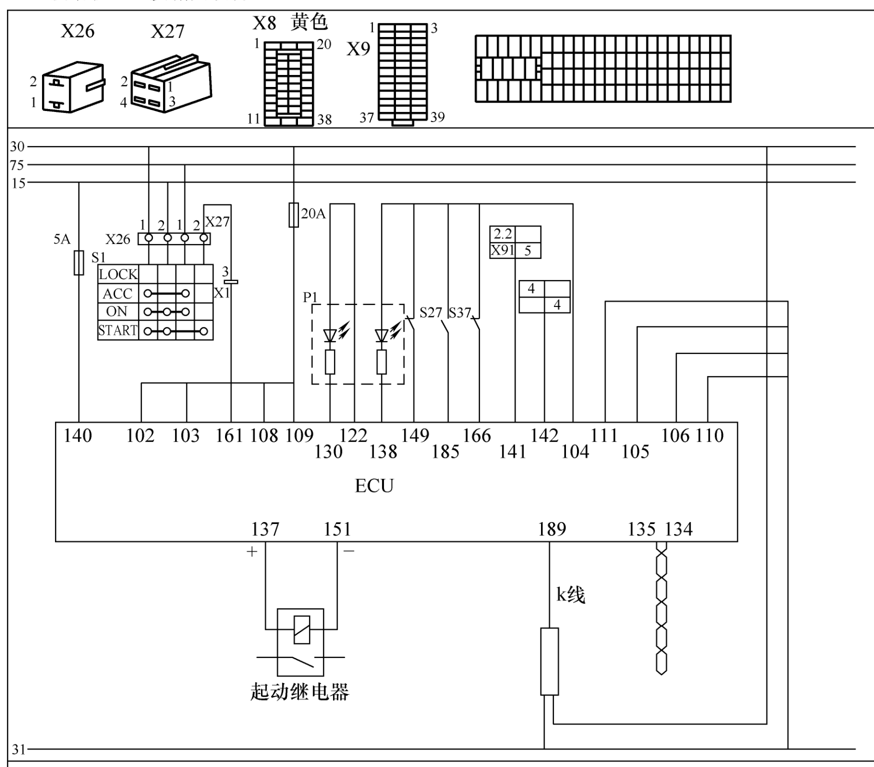
## 2. 起动保护策略

（1）误起动保护　若发动机已经着车，ECU 通过曲轴转速传感器和凸轮轴转速传感器的转速信号判断发动机的工作状态后，ECU 则指令内部起动触发电路睡眠，使起动继电器断电。这样，如果钥匙开关没有及时退出起动或误将钥匙开关再次旋动到起动档，起动机均没有反应。

（2）起动时间保护　在起动困难时，超过大约 12s 时间发动机还没有着车，ECU 则控制起动继电器断电。这时如果钥匙开关仍处于起动档，起动机也没有反应。再次起动须将钥匙开关退回关闭档方可。这是对起动机和蓄电池的一种保护。

（3）盲啮合保护　起动机带动曲轴在某个时间内没有达到某个转速，ECU 则认为起动机与飞轮没有啮合，ECU 则控制起动继电器断电。标定为 12s 内 52 转。

（4）预热保护　气温较低时，打开钥匙开关至 ON 档后，ECU 自动控制预热系统对进气加热升温。如果在进气加热未完成就起动，ECU 则控制预热系统终止工作，以保证起动的供电电流。




S1—起动开关 S27—空档开关 S32—后制动灯开关 S37—离合器开关 P1—组合仪表

**图 7-13 解放 J6 起动相关电路（二）**

**3. 紧急起动**

如果空档开关损坏或者空档线路有断路故障时，ECU 具有紧急起动功能，可以通过以下两种方式起动发动机

1）踩下离合器踏板后，ECU 针脚 166 得到离合开关来的断电信号，ECU 由此判断传动系与发动机断开，ECU 则指令内部起动触发电路唤醒，此时可旋动钥匙开关起动发动机。

2）旋动钥匙开关至起动档不松手，ECU 则强制指令内部起动触发电路唤醒，大约 5～20s 后起动机工作。

## 二、欧曼 GTL（配备康明斯 ISM 柴油机）起动控制电路

欧曼 GTL（配备康明斯 ISM 柴油机）的起动控制电路如图 7-14 所示。

将点火开关置于 ON 档，K22 继电器吸合，ECUJ2/39 针脚得电（24V），ECU 被唤醒。发动机转速为 0 时，ECU 为 K5 和 K8 继电器线圈供电，两继电器吸合。

点火开关置于 START 档时，K5 和 K8 仍保持吸合；点火开关 ST2 针脚得电（24V），

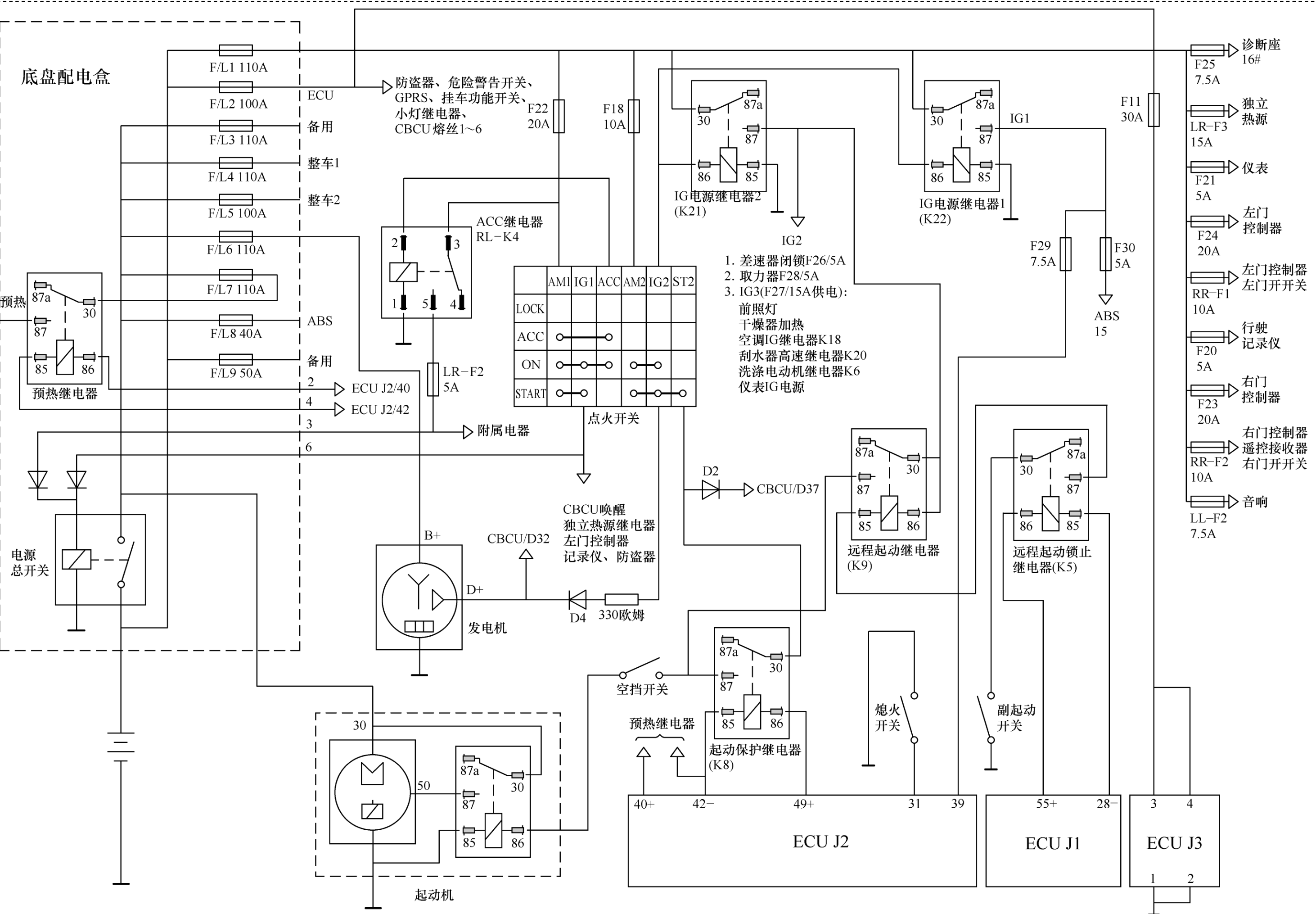
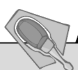



图 7-14 欧曼 GTL 电源与起动控制电路

此电源经 K8 继电器触点、空档开关（空档时闭合）为起动继电器线圈供电，起动继电器吸合，起动机得电运转、完成起动过程。

在点火开关在 ON 档的情况下，也可以通过副起动开关起动发动机。按下副起动开关，K9 继电器线圈经 K5 继电器触点、副起动开关完成接地，K9 继电器线圈通电、触点吸合，K21 继电器输出的 24V 电源经 K9 继电器触点、空档开关供给起动继电器线圈，起动继电器吸合，起动机得电运转、完成起动过程。

起动成功后，ECU 通过转速传感器提供的转速信号判定发动机已经着火，ECU 便为继电器 K5 和继电器 K8 线圈断电，两继电器触点随即断开，在这种情况下，无论来自点火开关的起动信号，还是来自副起动开关的起动信号都无法输送到起动机，这防止了在发动机运转情况下，因误操作而损坏起动机。



**维修案例**

### 解放 J6 配备潍柴 WP12 共轨柴油机起动无反应故障检测

当使用紧急起动也没有反应时，在确定电源、起动机及主控电路没有故障之后，首先打开钥匙开关至 ON 档，观察仪表上的发动机故障灯是否亮起，如果不亮，有可能 ECU 不上电，未被唤醒。

（1）检测相关熔断器　拔下中央集电盒的 F6 和 F21 熔断器插片，观察是否烧断，如果没有烧断，再将熔断器插回原位，接着用数字万用表的电压档检测 F6 熔断器和 F21 熔断器插片是否有电（也可用试灯检测），如果无电检测此点的上行线路。如果有电，转入下步检测。

（2）检测空档开关及线路　找出变速器上的空档开关，拔下空档开关插座，用万用表电阻档检测一下空档开关，如果不导通更换空档开关。如果导通，将数字万用表调到电压档，再将万用表负端表笔接在车体搭铁，万用表正端表笔分别插入空档开关插座的两个脚孔内，如果插入其中一个脚孔时，也就是 ECU/104 的供电端，万用表显示 24V 电压数值，说明 ECU 已唤醒工作，如果都没有显示，基本说明 ECU 不上电。此步检测后将空档开关插座插回原位。

（3）检测起动继电器及线路　在检测 ECU 上电的情况下，从底盘电器盒找出连接起动继电器线圈的两个接点，先用数字万用表的电阻档检测起动继电器线圈的阻值是否正常。检测之后再将数字万用表调到电压档，两个表笔接在这两个接点，然后让驾驶人旋动钥匙开关至起动档，观察万用表，如果显示 +24V 或 −24V 电压数值，说明 ECU 起动控制部分正常。如果显示异常，转入下一步。

（4）关闭钥匙开关，断开 ECU 一号插座　检测之前，找两段适当粗细的细铜丝分别缠绕在数字万用表的两个表笔上，作为探针以方便插入 ECU 脚孔。另外，插拔 ECU 插座一定要关闭钥匙开关，否则可能使 ECU 损坏。检测电压时，注意万用表的两个表笔不要触碰短路，也不要插错脚孔。

（5）检测 ECU 主电源　注意观察 ECU 一号插座上的数字顺序，一号插座上的 2、3、8、9 等 4 个脚孔，即 ECU/102、103、108、109 为 ECU 主电源的正电，通过中央集电盒的 F21 熔断器和底盘电器盒 FA5 大熔断器连接到蓄电池正极接点，5、6、10、11 等 4 个脚孔为 ECU 主电源的接地，通过底盘车体大梁连接到蓄电池负极接点。将数字万用表（电压档）负端接在车体搭铁，万用表正端探针依次插入 ECU/102、103、108、109 脚孔内，观察万用表电压数值，由此检测判断 ECU 主电源的线路情况。然后将万用表负端探针依次插入 ECU/105、106、110、111 脚孔内，观察万用表电压数值，由此检测判断 ECU 搭铁线路情况。

（6）检测 ECU/140 工作电源　找出一号插座的 40 脚孔，即 ECU/140，这是 ECU 的工作电源。将数字万用表（电压档）的正端探针插入这个脚孔内，万用表负端接在车体搭铁，接着打开钥匙开关至 ON 档，观察万用表是否显出正常电压数值，如果不正常，说明 ECU/140 到 F6 熔断器之间断路或底盘线束间插接器等接触不良，可沿着相关线束进行排查。

（7）检测 ECU/161 钥匙起动信号　检测 ECU/140 后，再找出一号插座的 61 脚孔，即 ECU/161，这是 ECU 的钥匙起动信号。将数字万用表（电压档）正端探针插入这个脚孔内，万用表负端接在车体搭铁，接着打开钥匙开关至起动档，观察万用表是否显出正常电压数值，如果不正常，说明 ECU/161 到钥匙开关之间断路或底盘线束间插接器接触不良，可沿着相关线束进行排查。

（8）检测 ECU/104 和 ECU/185 空档信号　ECU/185 连接到空档开关，在变速器处于空档位置时与 ECU/104 相通。将万用表（电阻档）的两个探针分别插入这两个脚孔内，观察万用表，如果显示不导通，说明空档开关或线路有断路故障，可沿着相关线束排查。如果显示导通，再将万用表的一个探针撤离转接到车体搭铁，万用表另一个探针原位不动，观察万用表，由此判断空档信号线路是否搭铁，也可以判断出 ECU/104 电源线路是否搭铁。

（9）检测 ECU/104 和 ECU/166 离合信号　ECU/166 连接到离合开关。在离合踏板未踏下时与 ECU/104 相通，将万用表（电阻档）的两个探针分别插入这两个脚孔内，观察万用表，如果显示不导通，说明离合开关或线路有断路故障，可沿着相关线束排查。如果显示导通，再将万用表的一个探针撤离转接到车体搭铁，万用表的另一个探针原位不动，观察万用表，由此判断离合信号线路是否搭铁，也可以判断出 ECU/104 电源线路是否搭铁。

（10）检测 ECU/137 和 ECU/151 起动控制信号　ECU/137 和 ECU/151 连接到起动继电器线圈的两端。将万用表（电阻档）的两个探针分别插入这两个脚孔内，观察万用表，如果显示阻值异常，说明起动继电器或线路有故障，可沿着相关线束排查。另外也可以将万用表（电阻档）的一个探针插入 ECU/137 或 ECU/151，另一个探针接到起动继电器线圈一端，由此检测哪一条线路有问题。将万用表的一个探针撤离转接到车体搭铁，万用表的另一个探针原位不动，观察万用表，由此判断 ECU/137 或 ECU/151 起动控制信号线路是否搭铁。



## 你学会了吗？

1. 解放 J6 起动无反应时，如何进行检测？
2. 结合欧曼 GTL 电源与起动控制电路，叙述发动机起动控制原理。

# 第 28 天　柴油机游车故障诊断入门

**学习目标**

1. 了解直列泵柴油机燃油系统的结构原理
2. 掌握调速器的结构原理
3. 掌握柴油机游车故障诊断方法

**基础知识**

## 一、柴油机直列泵燃油系统简介

柴油机直列泵燃油系统如图 7-15 所示，它由燃油箱、输油泵、喷油泵、燃油滤清器、喷油器和燃油管路等元件组成。输油泵将燃油箱内的燃油吸出，经油水分离器（粗滤器）、输油泵、燃油滤清器输送至高压油泵；高压油泵对燃油进行二次加压，在正确的时刻通过各缸高压油管为喷油器供油；当喷油压力达到一定值后，喷油器打开、将燃油喷入气缸，完成整个供油过程。

回油管将喷油器、喷油泵及燃油滤清器的多余燃油送回燃油箱。

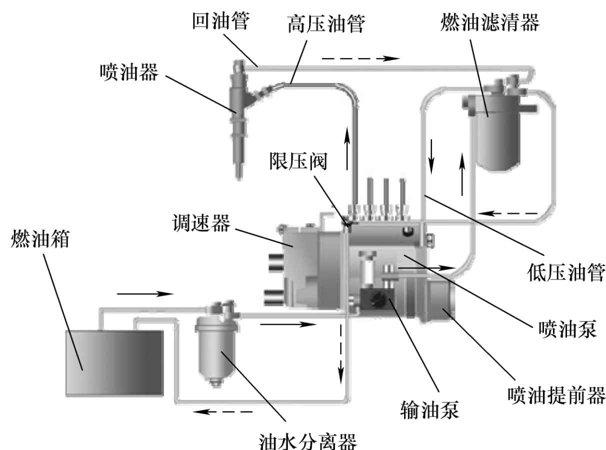



图 7-15　燃油系统的构成

## 二、燃油系统主要元件

**1. 燃油滤清器**

燃油滤清器（图 7-16）的作用是除去柴油中的尘土、水分或其他机械杂质，以降低对精密偶件的磨损。燃油滤清器应按保养要求定期更换。

**2. 输油泵**

输油泵的作用是建立初级燃油压力，向喷油泵输送的燃油。输油泵结构如图 7-17 所示。

它由手油泵和机械泵两部分组成。机械泵负责发动机正常工作时的供油，而手油泵只用于系统排气。输油泵多安装于喷油泵上，由高压油泵的凸轮轴驱动。



图 7-16　燃油滤清器

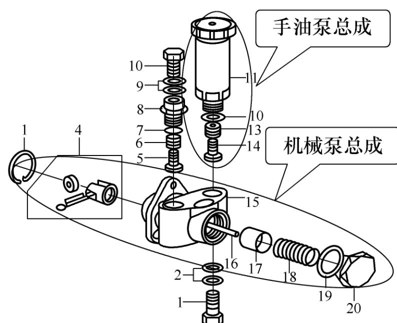



图 7-17　输油泵的结构

输油泵的工作原理如图 7-18 所示。在高压油泵的泵轴上设有输油泵凸轮，凸轮通过滚轮组件、推杆驱动活塞下行；活塞上行复位由复位弹簧驱动完成。活塞在凸轮作用下下行时，柱塞下方的油腔压力增高，油腔内的燃油顶开出油阀将燃油泵出，为高压油泵供油；当凸轮转过最高点后，活塞在弹簧作用下复位上行，此时活塞下方的油腔容积增大，在真空吸力作用下进油阀被吸开，将燃油吸入活塞下方的油腔。以上过程不断循环，输油泵就可实现连续为高压油泵供油。

**3. 直列柱塞泵**

（1）直列柱塞泵结构　直列柱塞泵结构如图 7-19 所示，它由泵体、分泵、油量调节机构、传动机构和调速器等部分组成。直列柱塞泵按其结构类型不同可分为 A 型泵、B 型泵和 P 型泵等多种类型。

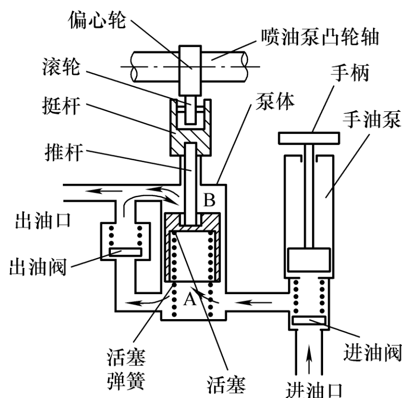



图 7-18　输油泵工作原理

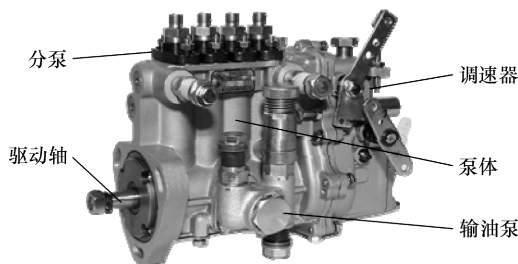



图 7-19　直列柱塞泵

分泵（图 7-20）是直列泵的核心元件，每个分泵负责为某一缸供油，分泵的数量等于气缸数。分泵由柱塞副、出油阀及驱动机构等零件组成。

（2）供油原理　柱塞偶件的泵油过程如图 7-21 所示。柱塞的头部加工有直槽和斜槽，直槽将柱塞顶部油腔与斜槽下部的环形油腔连通。柱塞套筒上有一个或两个油孔与泵体上的低压油腔（压力由输油泵建立）相通。当柱塞下行至其上端面在柱塞套筒的进油孔以下时，低压油腔的柴油进入柱塞顶上的油腔内。当柱塞自下止点向上运动且柱塞上端面没有完全遮住柱塞套上的油孔时，部分柴油被柱塞挤回低压油腔。当柱塞上端面完全遮住油孔（图 7-21c）时，柱塞外圆柱面切断了柱塞套内腔与泵体低压油腔的通道，柱塞继续上升、柱塞套内燃油压力迅速上升，打开出油阀，实现为喷油器供油。柱塞继续上移，当其头部下斜面刚刚露出套筒的油孔时，低压油腔与斜槽下部环形油腔相通，柱塞上方的高压燃油通过直槽迅速流回到低压油腔，使柱塞顶上的油压立刻下降、出油阀关闭，供油停止（图 7-21d）。此后柱塞仍继续上行，直到上止点为止，但不再泵油。从上述的吸油和压油过程可见，在柱塞向上运动的整个过程中，只是中间一段行程（从图 7-21c 到图 7-21d）才是供油过程，这一行程称为柱塞的有效行程。

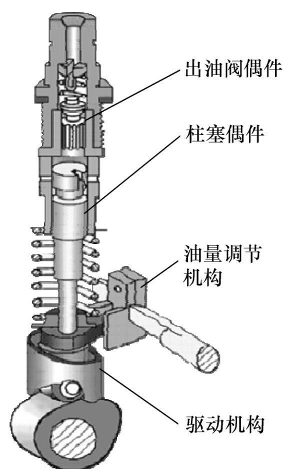



**图 7-20　分泵结构**

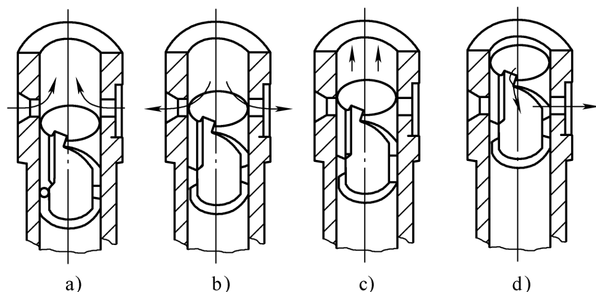



**图 7-21　柱塞泵油过程**

a）柱塞下行吸入燃油　b）柱塞上行回流

c）柱塞封堵进油口，开始供油　d）油口露出，供油结束

（3）油量调节　油量调节机构的作用是实现油量控制，使供油量能够在最大供油量到零供油量（断油）的范围内连续变化，以适应柴油机负载的要求。油量调节机构的组成如图 7-22 所示，供油量的调节是通过齿杆机构转动柱塞来实现的。齿条运动时，带动齿圈转动，而齿圈与控制柱塞转动的控制套筒固定在一起。这样当拉动齿条时，柱塞便随之同步转动，供油结束时刻会随着柱塞斜边对正柱塞套回油孔位置的改变而变化。柱塞转动的角度不同，柱塞的有效行程也就不同，因而供油量也随之改变。

柱塞相对于不供油位置（图 7-22a）转动的角度越大，则柱塞上端面到打开拄塞套回油孔的斜边距离也越大，供油量也就越大，若柱塞转动的角度较小，则断油开始较早，供油量也较小。当柴油机停车时必须断油，可将柱塞上的纵向直槽转到正对着柱塞套上的回油孔方向，此时在整个柱塞行程中，柱塞套内的燃油一直通过直槽回低压油道，出

油阀不会打开，故供油量等于零。

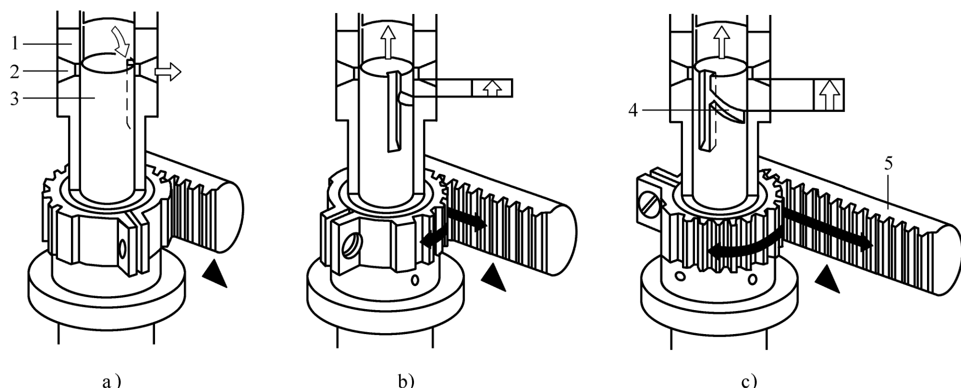



**图 7-22　油量调节机构**

a）停止供油位置（直槽与进油口对正）　b）供油增加　c）最大供油（有效行程最大）

在一些喷油泵上所采用的油量调节机构，为拨叉拉杆式设计（图 7-23），其调节原理与齿轮齿条机构相同。

**4. 调速器**

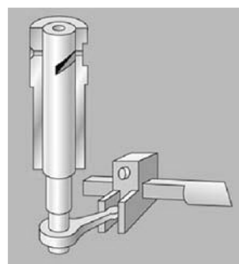


**图 7-23　拨叉拉杆式油量调节机构**

（1）喷油泵的速度特性　喷油泵的速度特性指在油量调节机构位置不变的情况下，随着柴油机负荷的突然改变，供油量反向变化（负荷增大，供油减少；负荷减小，供油增加）的现象。当负荷变小时，转速升高，转速升高导致柱塞泵循环供油量增加，循环供油量增加又导致转速进一步升高，这样不断地恶性循环，造成发动机转速越来越高，最后飞车；反之，当负荷增大时，转速降低，转速降低导致柱塞泵循环供油量减少，循环供油量减少又导致转速进一步降低，这样不断地恶性循环，造成发动机转速越来越低，最后熄火。

速度特性显然对保持柴油机稳定运转是不利的。要改变这种恶性循环，就要克服喷油泵的速度特性。为此，喷油泵都装有调速器。调速器是根据发动机负荷变化而自动调节供油量，从而保证发动机的转速稳定。

调速器按功能可分为两速调速器和全程调速器两类。两速调速器只在怠速和最高转速时起作用，中间转速供油均由驾驶人通过控制油门来调节，多用于车用柴油机；全程调速器全程对供油量进行调节，多用于工程机械柴油机。

（2）RFD 型调速器　RFD 型调速器是在 RAD 和 RSV 调速器的基础上发展出来的全速两速调速器，RFD 调速器既可作两速用，又可作全速用，其结构如图 7-24 所示。下面对这种调速器的两速应用工作原理进行介绍。

① 起动工况。驾驶人将加速踏板踩到底后，控制杠杆处于全负荷位置。支持杠杆以

销钉 $d$ 为支点逆时针旋转，浮动杠杆也以销轴 $b$ 逆时针旋转，齿条被推到最左边（最大喷射量的位置）。此时的浮动杠杆被拉到最左边，导动杠杆绕着销轴 $a$ 顺时针转动，滑套左移、飞块回收，这使得齿条移动到最左边、最大供油位置，保证了起动时加浓混合气。

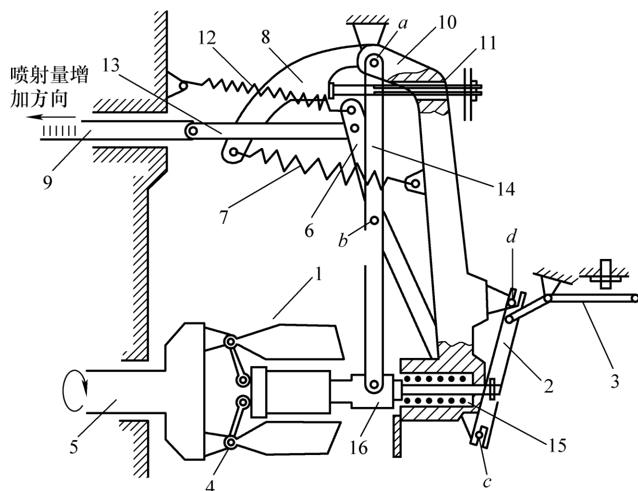



**图 7-24　RFD 型两极调速器**

1—飞块　2—支持杠杆　3—控制杠杆　4—滚轮　5—油泵凸轮轴　6—浮动杠杆
7—调速弹簧　8—速度设定杠杆　9—供油调节齿杆（齿条）　10—拉力杠杆　11—速度设定调节螺栓
12—起动弹簧　13—拉杆　14—导动杠杆　15—怠速弹簧　16—滑套

② 无负荷运转（怠速）工况。发动机怠速运转时工作情况如图 7-25 所示。控制杠杆处于无负荷位置，通过杠杆传动使得齿条被拉到最右端（最小供油位置）。怠速转速下飞块离心力将怠速弹簧压缩，当离心力与怠速弹簧弹力相平衡状态时，齿条位置保持不动。

当负荷突然减小、发动机转速提高时，飞块离心力增大，滑套受力平衡被打破，滑套会进一步压缩怠速弹簧右移，带动导动杠杆、浮动杠杆、齿条一同右移，供油量下降、抑制了转速提高；当负荷突然增大时，发动机转速降低，飞块离心力减小，滑套受力平衡被打破，滑套在怠速弹簧作用下左移，带动导动杠杆、浮动杠杆、齿条一同左移，供油量上升、抑制了转速下降。

③ 中速供油量控制。踩下加速踏板，控制杠杆逆时针转动，齿条左移增加供油量，发动机转速上升，飞块离心力增大，滑套右移将怠速弹簧压缩到极限。此后驾驶员继续踩下油门踏板，发动机在怠速和额定转速间变化时，飞块保持在固定开度不变，销轴 $b$ 位置不在变化，调速器不再对油量进行调节，供油量大小只由油门踏板深度决定；控制杠杆位置与齿条位置一一对应。

④ 最高转速时的供油量控制。如图 7-26 所示，当转速达到最高转速时，飞块的离心力与调速弹簧之间的受力平衡被打破，飞块的离心力大于调速器弹簧的弹力，飞块在中速时的位置基础上继续张开，拉力杠杆在飞块离心力作用下绕着销轴 $a$ 逆时针转动、通过杆件带动齿条右移，供油量减小，发动机的转速上升势头被遏制。当转速超过额定转速 200r/min 左右时，齿条将右移至停油位置。

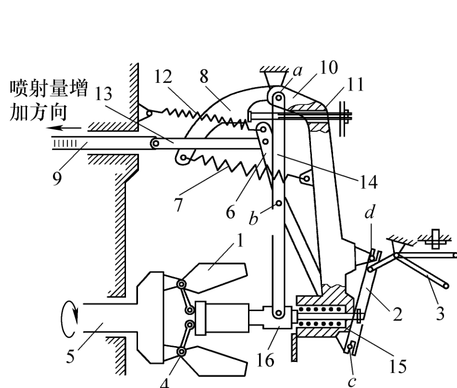



**图 7-25　怠速工作情况**

图注同图 7-24

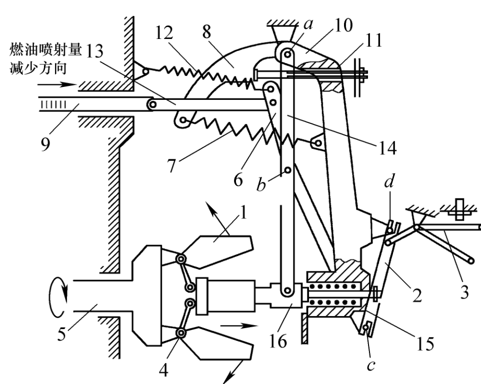



**图 7-26　最高转速工作情况**

图注同图 7-24



**维修案例**

## 游车故障诊断

游车是指发动机运转情况下，加速踏板固定在某一位置不动，但发动机的转速仍在较大的范围内周期性地忽高忽低地变化的现象。游车的车辆往往在加速时，转速上升滞后；松开加速踏板减速时，转速下降缓慢。

（1）原因

游车的根本原因是油量调节机构故障所致，如喷油泵相关机件的运动阻力过大或配合间隙过大；调速器的灵敏度下降，调速器反应滞后于转速的变化。具体原因如下。

① 喷油泵油量调节拉杆（即齿条）移动不灵活。

② 喷油泵凸轮轴轴向间隙过大。

③ 喷油泵供油调节拉杆上固定的拔叉与调节臂配合间隙过大或油量调节齿杆与齿圈的间隙过大。

④ 供油调节拉杆与拔叉（齿圈与柱塞旋转套筒）松动或变形、妨碍了循环供油量的及时调节。

⑤ 调速器内部机油太脏、太少或黏度过大。

⑥ 调速器内运动件配合过紧，阻力大。

⑦ 调速器内运动件各连接处磨损过甚、松旷。

⑧ 调速器弹簧变形或折断。

⑨ 调速器飞块收张不灵活。

（2）诊断与处理方法

① 首先检查调速器内机油是否过少、过脏或黏度过大，必要时清洗、更换机油。

② 对于 A 型泵，可拆下喷油泵检视窗盖板，用手捏住油量调节拉杆（或齿杆），检查拉杆（或齿杆）前后移动是否自如。如果油量调节拉杆移动阻力较大，说明是拉杆（或齿杆）与支承孔配合过紧或弯曲变形，应拆下调速器盖，分解油泵、查明原因。

③ 如果用手捏住油量调节拉杆来回移动灵便，说明配合件间隙过大或固定螺钉有松动。如果前后移动拉杆（或齿杆）的同时，用一手捏住拔叉（或齿圈），感觉有相对移动，说明螺钉松动，应紧固。齿杆与齿圈的齿隙过大，也可造成“游车”。

④ 若上述检查结果正常，则是调速器各连接点松旷，如飞锤销孔座架连接处，拉杆（或齿杆）与调速杠杆连接处等。

⑤ 检查调速器弹簧是否变形，各飞块收张距离是否一致。

⑥ 检查凸轮轴轴向间隙。



**你学会了吗?**

1. 柴油机喷油泵的速度特性如何？调速器的作用是什么?
2. 什么是柴油机游车？如何诊断排除游车故障?

# 第 29 天　柴油机飞车故障诊断入门



**学习目标**

1. 了解柴油机飞车故障主要原因
2. 掌握柴油机飞车故障的排除方法



**基础知识**

“飞车”是指发动机的转速失去控制而突然增高，超过允许的最高转速的现象。发动机“飞车”时，若不及时采取措施进行控制，在短时间内可导致发动机损坏，造成难以挽回的损失。

（1）原因

发动机之所以产生“飞车”，是由于柱塞的转动失去控制，滞留在较大或最大供油位置，或发动机的转速因负荷减轻，使每循环喷油量随柱塞运动速度加快而增多，增多的喷油量又促使转速进一步升高，如此恶性循环，直至转速失控。飞车具体原因如下。

① 油量调节拉杆（即齿条）卡死在某一位置或调节拉杆（即齿条）与调速器连接杆件脱开。

② 增压器油封损坏，轴向、径向间隙过大导致窜油。

③ 调速器弹簧折断受卡。

④ 调速器飞锤连接销卡住或脱出。

⑤ 调速器飞锤锈死。

⑥ 调速器滑动轴与套生锈或被异物卡住。

⑦ 调速器与喷油泵松脱。

⑧ 调速器内的机油黏度过大，使飞锤难以张开。

⑨ 调速器的推力盘轴向滑动受阻。

⑩ 调速器的飞锤架与导向板滑动受阻。

（2）应急措施

发动机产生“飞车”后，应根据当时具体情况，迅速设法强迫发动机熄火，具体方法有以下几种：

① 立即打开排气制动按钮，靠发动机排气制动起作用，阻止气缸废气排出，强制减速；拉出熄火拉线，强制油量调节拉杆（或齿杆）向减油方向移动使其断油；对于装“VE”泵的电熄火车辆，采用电熄火，强制断油。

② 将变速器挂入高速挡，踩下制动踏板，慢松离合器踏板，使发动机带载强迫熄火。

③ 堵塞进气口，阻止空气进入气缸。

④ 松开高压油管接头，不使燃油进缸。

⑤ 松开喷油泵低压进油管接头，切断低压供油。

（3）诊断与处理方法

一旦出现发动机“飞车”，应就地采取相应的紧急措施使发动机熄火，而后再排除故障。

① 冷起动后发动机产生“飞车”，抬起油门，转速仍居高不下，应拉动熄火拉钮使其熄火。首先应检查调速器内机油是否黏度过大，造成飞锤不易张开，失去调节能力。

② 停放时间较长的汽车起动后“飞车”，应拆开喷油泵检视窗盖或喷油泵前端油量调节拉杆（齿杆）端面护帽，用手移动拉杆，观察是否灵活，如果涩滞，说明拉杆（齿杆）与套锈蚀，或润滑不良，应予以除锈润滑。

③ 若喷油泵是在进行拆装后出现的“飞车”，则需检查拉杆（齿杆）是否因保管不善造成弯曲变形卡滞。若是，则应拆下校正或更换新件。

④ 在检查拉杆（齿杆）时，若拉杆运动自如，但向后推动不能自动前移，说明拉杆与调速器连接杆件脱开，应拆开调速器检视窗盖进行检查排除。

⑤ 如果上述检查均正常，则故障在调速器内，应拆开调速器后盖，完全分解检查。检修完毕后应进行试验台调试，确信无疑后再装车。

（4）预防柴油机发生“飞车”的措施

① 不要随意调整和拆卸高压油泵，确需调整和维修时，应在专门的试验台上进行。

② 做好燃油泵的保养工作，对单独润滑的喷油泵要及时更换润滑油，保持高压油泵的齿杆、扇形齿轮和控制套等机件的清洁，定期检查扇形齿轮与控制套的配合情况。

③ 对于油浴式空气滤清器，油底壳内不能加油过多。

④ 燃油和润滑油质量应符合规定。

⑤ 对长期停放的柴油机，启动前，应检查调速器有关零件，清除锈蚀后再使用。

⑥ 带增压器的柴油机，发现增压器油封损坏要及时更换，防止增压器窜油、机油进入燃烧室导致飞车。



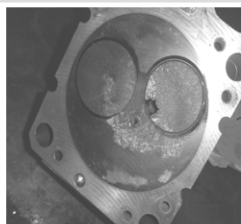
**维修案例**

一辆陕汽重卡，配备潍柴 WP12 380E32 柴油机发生了“飞车”事故并自行停机。如图 7-27 所示，拆检发动机发现增压器叶轮弯曲变形、漏油严重；空气滤清器内和中冷器内有大量机油；第六缸活塞、喷油器，缸盖严重变形，气门头部变形破裂；其他气缸也有不同程度损伤。

根据现场情况，确认事故是由增压器窜油所引起。机油从增压器泄漏到进气道，经过中冷器进入到气缸内参与燃烧，发动机转速骤然升高，不受控制而“飞车”。



窜油的增压器





损坏的缸盖和活塞

图 7-27　飞车柴油机损坏的机件



**你学会了吗?**

1. 柴油机飞车的原因有哪些?
2. 柴油机飞车如何紧急处理以防柴油机损坏?

# 第 30 天　柴油机怠速不稳故障诊断入门



**学习目标**

1. 了解柴油机怠速不稳主要原因
2. 掌握柴油机怠速不稳的排除方法



**基础知识**

## 一、发动机怠速不稳

**故障现象**：怠速运转时，发动机转速忽快忽慢，或有振动；汽车在急减速或换档时熄火。

**故障原因**：

① 油路中有空气。如燃油箱缺油、管路漏气等。

② 低压油路供油不畅。

③ 个别缸工作不良或不工作。

④ 喷油器滴油、堵塞、雾化不良。

⑤ 喷油泵各缸供油不均或各缸供油时刻不一致。

⑥ 调速器各连接杆件的销轴、叉头磨损过甚。

⑦ 怠速调节不当。

## 二、喷油器的性能检查

**1. 喷油器结构原理**

喷油器将喷油泵供给的高压柴油，以一定的压力，呈雾状喷入燃烧室。其结构如图7-28所示。当某缸分泵向喷油器供油时，高压燃油通过喷油器体内的油道进入针阀体内，该油压作用于针阀的承压锥面上，当油压达到一定值时，针阀压缩调压弹簧上行、离开阀座，高压燃油便由喷孔喷入燃烧室。

**2. 喷油器检验**

检查喷油器的喷油压力和雾化状况，应在喷油器的试验仪上进行，如图7-29所示。试验仪由手动油泵、压力表和储油罐等组成，油罐内的柴油进入手动油泵，经过手动油泵加压后为喷油器供油。

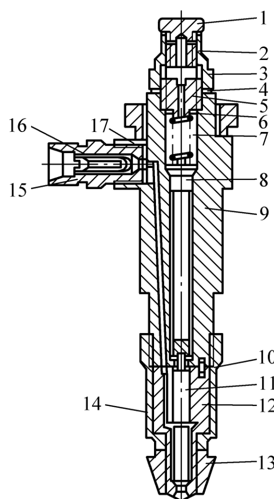



**图7-28　机械喷油器**

1—回油管螺栓　2—回油管衬垫　3—调压螺钉护帽
4、6—调压螺钉垫圈　5—调压螺钉　7—调压弹簧
8—顶杆　9—喷油器体　10—定位销　11—针阀
12—针阀体　13—喷油器锥体　14—紧固螺套
15—进油管接头　16—滤网　17—衬垫

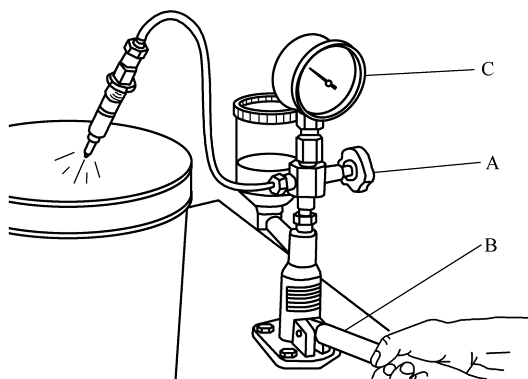



**图7-29　喷油器的检查**

A—止回阀　B—压油手柄　C—油压表

（1）喷油压力的检查　检查时，放松喷油器上的调压螺钉，将喷油器装在试验仪上，

上下反复压动试验仪上的手柄，使喷油器和高压油管内完全充满柴油。然后再缓慢地压动手柄，同时注意观察油压表读数。当读数开始下降时，即为喷油器的开启压力，其数值应符合标准要求。如6135型柴油机的喷油压力为17.5MPa，否则就要调整。喷油器的调压方法，大多数是通过调整调压螺钉改变调压弹簧的预紧力来实现的；而有些机型，则是通过改变垫片的厚度来实现调压的，如日本丰田L系列柴油机等。

（2）喷油质量的检查　应缓慢、连续地按下试验仪手柄以检查喷油器的喷油质量。对于多孔喷油器，各个喷孔喷出的油均应形成一个雾化良好的锥状油束，各油束的间隔角应符合原厂规定。对于轴针式喷油器，要求喷雾为圆锥形，不得偏斜，且油雾应细小而均匀。

性能良好的喷油器，喷油时应有明显、清晰的爆裂声，雾化锥角符合规定，无滴油现象，否则应重新清洗喷油器或更换针阀偶件。

按动试验仪手柄，将油压控制为0.98～1.985MPa，喷孔和紧固螺帽周围在10s内不得出现滴漏现象，否则应重新装配、调整或更换新偶件。



**维修案例**

### 怠速不稳故障诊断

当诊断怠速不稳故障出现时，应根据柴油机使用保养情况和具体故障特征进行分析和判断。

① 首先应检查低压油路的供油是否畅通，检查加注的柴油是否符合要求；对柴油机的保养是否及时等。

② 若汽车长时间停驶或油箱油未及时补充，致使空气渗入油路，应进行排气处理。

③ 若汽车使用已久，喷油泵也经多次调试而未检查调速器的磨损情况，应对调速器进行检查。

④ 怠速不稳且伴有振动，是由于喷油泵供油不均或气缸压力差别较大所引起，可用逐缸断油法检查。若某缸断油后未引起转速变化，则说明该缸工作不良。应先检查喷油器、喷油泵，必要时检测气缸压力或拆卸发动机进行维修。

**提示：**断缸测试可在怠速时进行，也可将怠速转速调高，在柴油机预温完成后就可以进行断缸测试了。在松开某缸高压油管的瞬间，观察柴油机转速的变化。工作良好的气缸，断缸瞬间转速下降明显，重新拧紧高压油管恢复供油的瞬间，转速有明显上升。完全不工作或工作不良的气缸，在断缸和恢复的瞬间，转速无变化。

⑤如果是怠速调整不当，应重新上试验台检修。



**你学会了吗?**

1. 柴油机怠速不稳的原因有哪些?
2. 机械喷射柴油机如何进行断缸测试?
3. 如何检查喷油器? 压力高低不合适时，怎样进行调整?

# 第 31 天　潍柴 WEVB 排气制动系统故障诊断入门

**学习目标**

1. 了解潍柴 WEVB 排气制动系统的结构原理
2. 掌握潍柴 WEVB 排气制动系统常见故障诊断、排除方法

**基础知识**

### 1. 潍柴动力 WEVB 介绍

WEVB 排气制动系统是潍柴动力从德国 MAN 公司购买的专利技术。该机构主要作用是在卡车需要减速时增加由柴油机产生的制动力矩，提高发动机制动功率，有效提高车辆的控制性能，可以保证车辆下坡行驶安全性，降低了制动系统的使用频次，减小制动系统的磨损速度，减轻了驾驶劳动强度。

如图 7-30 所示，传统的排气制动装置是采用蝶形阀开关关闭排气管通道的方法，使活塞在排气行程时受到气体的反压力，阻止发动机运转而产生制动作用，达到控制车速的目的。

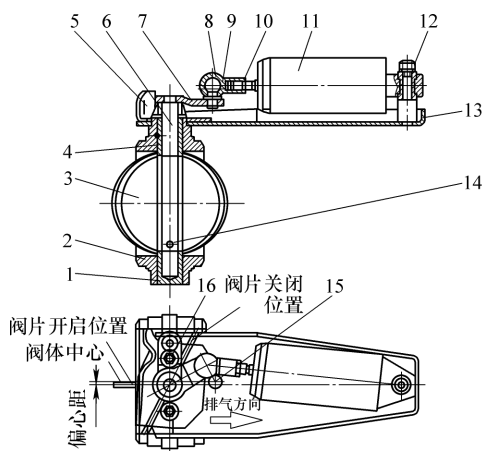





**图 7-30　传统的蝶阀排气制动装置**

1、4—轴套　2—阀体　3—阀片　5—限位板　6—摇臂轴　7—摇臂　8—球形接头
9—卡簧　10、12—锁紧螺母　11—气缸　13—支架组件　14—铆钉　15—限位杆　16—螺栓

WEVB 排气制动是基于传统蝶形阀排气辅助制动装置开发的、更加高效的排气制动装置。配备 WEVB 的柴油机，在每缸的排气门摇臂上设有可伸缩的小活塞，其结构如图 7-31 所示。当蝶形节流阀关闭时，柴油机在汽车拖动下类似于压缩机工作，排气通道中的废气压力急剧上升，相邻气缸的排气产生的压力波会导致处于吸气冲程下止点附近气缸的排气门不受控制打开。排气门制动装置（EVB）就是利用压力波打开排气门，然后通过排气门行程的执行机构，保持排气门微开，来提高发动机的制动效率。

当排气门被压力波打开后，排气门制动机构中的小活塞由于自重和弹簧作用跟随排气门向下运动，此时单向阀打开，使小活塞上方的空腔中注满机油，在随后的压缩、做功行程中，排气门摇臂卸油孔被调节螺栓封堵、关闭。小活塞上方密闭的机油使小活塞不能缩入摇臂，迫使排气门保持开启状态（升程大约 1 ~2mm）。在排气行程开始时，通过摇臂的运动使排气门全开，排气门摇臂上的卸油孔打开，润滑油喷出，伸出的小活塞在气门压力下回位。上述过程循环往复进行，从而增加柴油机的制动功率。排气制动打开的情况下，柴油机各个行程中，WEVB 装置的工作情况见表 7-1。

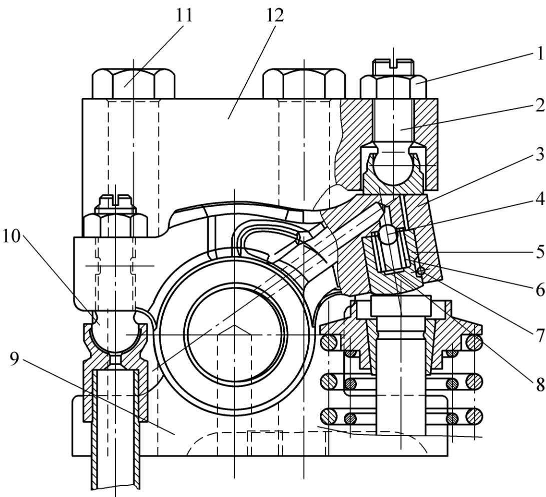



**图 7-31　WEVB 排气制动装置**

1—气门间隙调整螺母　2—调节螺栓总成　3—排气门摇臂总成
4—钢球　5—气门摇臂活塞　6—摇臂活塞弹簧
7—滚针　8—球阀弹簧　9—气门摇臂座总成
10—气门间隙调整螺钉　11—六角头螺栓　12—支撑臂

**表 7-1　WEVB 装置的工作情况**

| 行程 | 气缸工作状况 | WEVB 装置工作 | 小活塞状态 |
|---|---|---|---|
| 1. 吸气行程 | | 蝶形阀门关闭时，排气门被来自排气管的压力波打开一个间隙，排气门摇臂中的单向阀打开，摇臂油孔中的润滑油注满小活塞上方的空腔，密闭的机油使小活塞不能缩入摇臂，排气门保持微开 | 小活塞逐渐伸出 |
| 2. 压缩行程 | | 排气门一直保持微开，将压缩空气通过微开的排气门排到排气管，从而使压缩终了气缸内气体压力显著降低 | 小活塞保持伸出 |

（续）

| 行程 | 气缸工作状况 | WEVB 装置工作 | 小活塞状态 |
|---|---|---|---|
| 3. 做功行程 | | 排气门一直保持微开，随着活塞下行，部分废气返回缸内 | 小活塞保持伸出 |
| 4. 排气行程 | | 排气门被凸轮轴打开，摇臂顶端的泄油孔也被打开，润滑油泄掉，小活塞在气门的压力下回位 | 小活塞回缩，摇臂“变短” |

**2. 气门间隙的调整**

采用 WEVB 系统的柴油机排气门间隙的调整方法与未装 WEVB 柴油机不同，具体调整方法如图 7-32 所示。

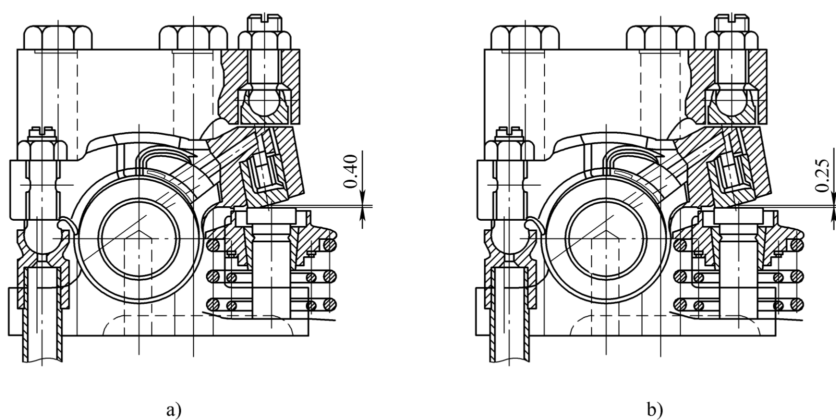



**图 7-32　潍柴两气门发动机 WEVB 间隙调整**

a）冷态排气门总气门间隙 0.40mm　b）冷态排气门端的气门间隙 0.25mm

① 所要调整的气缸位于压缩行程上止点。

② 将 WEVB 调节螺栓总成松开，不压紧排气门摇臂封油平面的情况下，在气门摇臂活塞与排气门杆端面或气门帽端面之间放入 0.4mm 的塞尺，先通过调整气门推杆端气门间隙调整螺钉，将总气门间隙调整为 0.4mm，然后将锁紧螺母拧紧。

**注意**：调整过程中应转动气门间隙调整螺钉直到将塞规夹住，从而保证使气门摇臂活塞压到底。

③ 然后在气门摇臂活塞与排气门杆端面或气门帽端面之间再放入 0.25mm 的塞尺，通过调整 WEVB 调节螺栓总成，将气门端的间隙调整为 0.25mm，再将锁紧螺母拧紧。

**注意**：调整过程中应转动气门间隙调整螺钉直到将塞尺夹住，从而保证使气门摇臂活塞压到底。

**3. 潍柴四气门 WEVB 排气门间隙调整**

① 按曲轴旋转方向盘动飞轮使 1 缸处于压缩上止点位置。

② 依次调整 1、2、4 缸的进气门和 1、3、5 缸的排气门间隙。WP12 排气门间隙为 0.60mm，EVB 间隙为 0.40mm。如图 7-33 所示，先将 EVB 支架上的调整螺栓向下旋压到排气门的气门桥上平面直至将气门桥小活塞压到底。然后调整摇臂上的调整螺钉间隙 0.6mm，调好后，锁紧锁紧螺母。再将 EVB 支架上的调整螺栓向上旋，使其完全松开。将 0.4mm 塞尺放到排气门桥与 WEVB 调节螺栓间，再将 EVB 支架调整螺栓下旋，直至将小活塞压到底，再将调整螺栓锁紧。

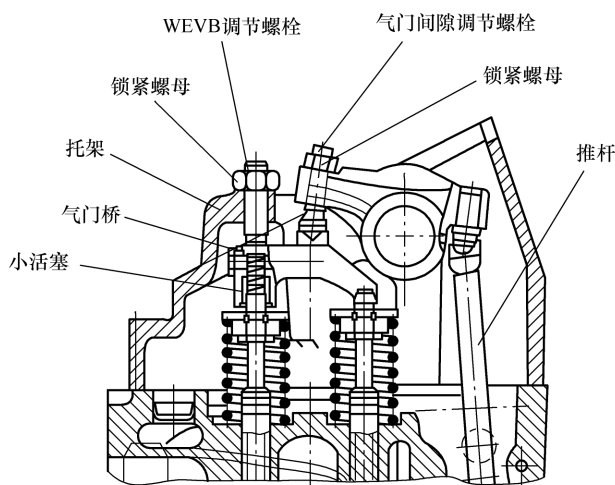



**图 7-33　潍柴四气门 WEVB 排气门间隙调整**



## 实际操作

**1. 排气制动失效常见原因**

① 排气制动电磁阀及线路损坏，致使蝶阀气缸无法注气、蝶阀无法关闭。

② 蝶阀机械卡滞、开关不灵活。

③ 排气制动电磁阀供气压力过低、管路漏气。

**2. 排气制动意外打开**

排气制动意外打开，会导致柴油机动力不足、怠速熄火、起动困难等故障，常见原因如下：

① 排气制动电磁阀及线路短路、排气制动电磁阀卡滞、损坏。

② 蝶阀机械卡滞、不能有效打开。

③ 排气门摇臂内的小活塞卡滞、不能自由回缩。



## 你学会了吗?

1. WEVB 为何会增加柴油机的制动功率?
2. 二气门 WEVB 排气门间隙如何调整?
3. 四气门 WEVB 排气门间隙如何调整?
4. 蝶阀卡滞会产生怎样后果?

# 第八章

# 柴油机电控系统故障诊断入门

## 第 32 天　柴油机电控系统概述

**学习目标**

1. 了解柴油机电控系统主要功能
2. 掌握输入信号主要类型及作用
3. 掌握输出信号的主要类型

**基础知识**

**1. 电子控制单元概述**

电子控制单元的基本功能包括燃油喷射控制、排放控制和优化燃烧等。电控单元还可完成其他辅助功能，如起动控制、预热控制和发动机制动控制等。

控制单元接收来自传感器和开关的输入信号，通过微处理器进行运算之后，再向执行器发出控制信号。控制程序，也就是软件被存储在一个特殊的区域，并由微处理器调用执行。控制单元及其相关组件被称作“硬件”。控制单元内存储了进行发动机管理所必需的全部开环和闭环控制算法。驱动执行器的输出电路也集成到 ECU 内（图 8-1），因此 ECU 金属盒外壳设计、安装要考虑散热问题。一些 ECU 设计有燃油流过内部为其散热，这种冷却方法一般用在商用车辆上。电子控制单元的印制电路板被放置于一个金属盒内，并通过插接器与传感器、执行器相连。

**2. ECU 的输入信号**

ECU 的输入信号，是 ECU 进行运算的依据，包括传感器信号和开关信号。输入信号通过导线和插头传送到控制单元内部。

（1）输入信号的类别　输入信号可以分为模拟信号和数字信号两类，这些信号来自各类型的传感器和开关。

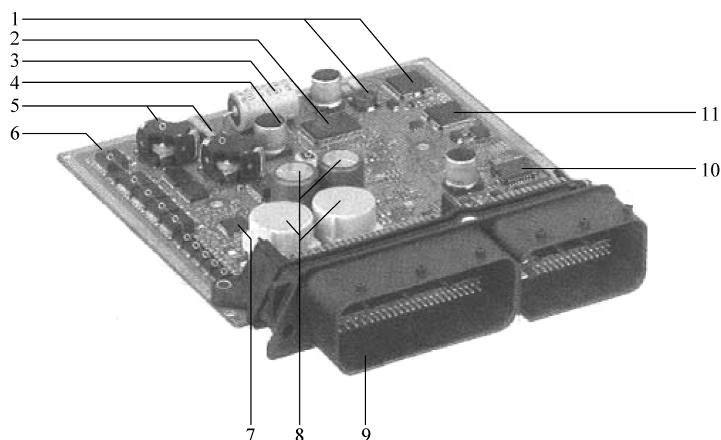



**图 8-1　共轨柴油机 ECU 结构**

1—稳压开关电源　2—EPROM　3—备用电容（产生高压用）　4—空气压力传感器　5—高压电源
6—大功率驱动电路　7—ASiC 驱动电路　8—高压包　9—插接器　10—桥式驱动电路　11—多级开关驱动电路

①模拟输入信号。模拟输入信号的电压值可在给定范围内连续变化。传感器测量到的各种物理量，如进气量、蓄电池电压、进气歧管压力和增压压力、冷却温度及进气温度等都是模拟信号。ECU 内置的模数转换器（ADC）会把模拟信号转换成中央处理单元可以处理的数字信号。

②数字输入信号。数字输入信号只有两种状态，分别是“高”和“低”（或是逻辑 1 和逻辑 0）。典型的数字输入信号有开关信号和数字传感器输出的信号。常见的数字传感器有霍尔转速传感器、磁阻转速传感器等。微处理器可以直接处理这些数字信号。

（2）输入信号的处理　控制单元是整个发动机管理系统中的核心器件。微处理器依据输入信号完成各项开闭环控制功能。计算机严格检查由传感器和各功能开关所提供的输入信号，确认信号真实、有效后，信号将被处理器接收、在程序运算中被应用。

**3. 微处理器**

微处理器是由一片或少数几片大规模集成电路组成的中央处理器，负责程序控制和算术逻辑运算。微处理器的基本组成包括寄存器（即微处理器内部的 RAM）、运算器、时序控制电路以及数据和地址总线。微处理器能完成获取指令、执行指令，以及与外界存储器和逻辑部件交换信息等操作，是微型计算机的运算控制部分。它与存储器、串行接口及外围电路芯片组成完整的电子控制单元（微型计算机）。

**4. 程序及数据存储器**（图 8-2）

微处理器需要按照软件程序来正确执行各项功能。这些程序是以二进制数的形式存储在程序及数据存储器之中。这些二进制数被 CPU 读取并翻译成一条条可执行的命令。

程序被存储在只读存储器（ROM、EPROM、FEPROM）中。这些只读存储器中还存

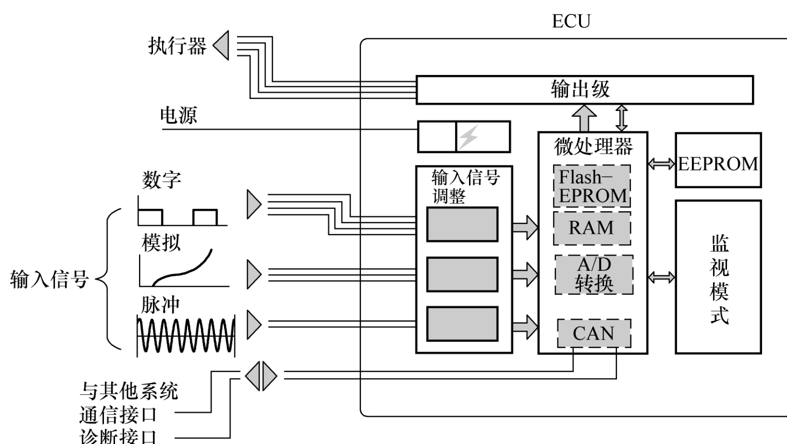



**图 8-2　ECU 内部的信号处理**

放了其他数据，如车辆信息、特征曲线及 MAP 图等。这些数据在车辆使用过程中是不可改变的。它们的作用是调节各种开、闭环程序控制过程。程序存储器可以和微处理器集成在一起，根据需要也可以通过安装独立元件（如 EPROM 或 FEPROM）的方法进行扩展。

（1）ROM　程序存储器可以使用 ROM（只读存储器）。这种存储器内的内容是在制造时就写入的，并且不可更改。安装在微处理器中的 ROM 容量有限。这就决定了在实现复杂的控制功能时，微处理器需要额外的 ROM。

（2）EPROM　存储于 EPROM（可编程只读存储器）中的数据可用强紫外线照射来擦除。新程序可由编程器写入。EPROM 通常是一个独立的器件，通过地址、数据总线与 CPU 相连。

（3）Flash-EPROM（FEPROM）　是电可擦写设备，这使得在工厂内，不打开 ECU、重新写入程序而成为可能。在这一过程中，ECU 通过串行接口与编程器相连。如果微处理器也安装了 ROM，这就表示它内置了 Flash 编程器。Flash-EPROM 和微处理器通常被集成在一块芯片上，这是 FEPROM 能够超越传统 EPROM 的最大优点。

**5. 变量存储器或主存储器**

为了存储变量数据，如中间变量或信号值，控制单元还需要一种可读写的存储器。

（1）RAM　瞬时值通常存储于 RAM（随机存储器）中。RAM 和 ROM 相比，两者的最大区别是 RAM 在断电以后保存在上面的数据会自动消失，而 ROM 不会。如果运算过程比较复杂，控制器就需要更多的 RAM 来存储数据。这些附加的 RAM 通过地址、数据总线与 ECU 连接。当关闭点火开关时，RAM 中的数据也随之丢失，因此 RAM 又称为易失存储器。

（2）EEPROM　前面提到，RAM 在掉电时会丢失所有数据，特别是在关闭点火开关

时。有些不能丢失的数据，如防盗系统密码或故障码，只能存储于非易失性存储器中。EEPROM 是一种电可擦写 EPROM，它与 FEPROM 的不同之处在于，FEPROM 可以对每一个存储单元进行擦写操作，可以多次重复擦写。这就是说，EEPROM 可被用作非易失可读写存储器。

（3）ASIC　随着 ECU 功能日趋复杂，市场上的微处理器计算能力不足的问题显现了出来。现在解决这个问题的方法就是应用 ASIC 模块。这种集成电路是按照 ECU 开发部门的要求而设计制造的，在 ASIC 上安装了更多的 RAM 及输入输出通道，甚至还可以产生 PWM 信号。

**6. 输出信号**

微处理器发送输出指令到驱动级，再由驱动级控制执行器工作。有时，可能需要经过多级驱动才能操纵大功率设备。输出级应能够承担对地短路或蓄电池电压波动所造成的威胁，还要具备一定抗热能力。

（1）通断信号　这些信号用来控制只有开、关两种状态的执行器。如受 ECU 控制的预热继电器、起动继电器、发动机制动电磁阀等。

（2）PWM 信号　PWM 信号是指频率不变，但占空比（高电位占循环周期的比率）可以进行连续调节的方波信号。PWM 信号用于控制可变位置执行器。PWM 信号可以调节执行器输出电流，从而调节执行器开度。共轨柴油机的燃油计量单元（EFC 阀）就是由 PWM 信号控制的。



**你学会了吗？**

1. 故障码存储在何种类型的存储器中？ECU 断电后数据是否丢失？
2. 数据流存储在何种类型的存储器中？ECU 断电后数据是否丢失？
3. PWM 信号主要用于何种类型的执行器控制？

# 第 33 天　转速传感器故障与检测要点



**学习目标**

1. 了解磁电式转速传感器的结构原理
2. 了解霍尔式转速传感器的结构原理
3. 掌握磁电式转速传感器检测方法
4. 掌握霍尔式转速传感器检测方法

在 ECU 中，曲轴和凸轮轴转速传感器信号是整个发动机工作时序的基础，其作用相当于芯片中的时钟。柴油机的转速、喷油相位以及判缸信号等都是通过这两个传感器信号计算出来的。如果两个转速信号同时丢失，柴油机将停止工作。常用的曲轴和凸轮轴转速传感器

有霍尔式和磁电式两种。

**1. 磁电式转速传感器**

（1）磁电式转速传感器的工作原理　磁电式转速传感器是利用电磁感应原理进行工作的，主要用于检测曲轴、凸轮轴转速和位置。

磁电式转速传感器由铁心、感应线圈和信号盘等部件组成。磁电式转速传感器的工作维护成本较低，工作时不需要 ECU 供电。磁电式传感器的结构如图 8-3。当柴油机运行时，信号盘与传感器之间的间隙周期性变化，磁通量也会随之周期变化，从而在线圈中感应出近似正弦波的交流电压信号。

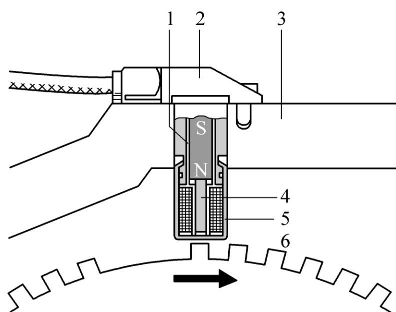



**图 8-3　磁电式转速传感器结构**

1—磁铁　2—传感器壳体　3—机体
4—铁心　5—线圈　6—信号盘

磁电式转速传感器的信号电压大小和信号盘转速成正比，与传感器和信号间的间隙成反比。

（2）应用实例　潍柴 WP12 柴油机，曲轴转速传感器和凸轮轴转速传感器均为磁电式。传感器与 ECU 间有两根导线相连接：信号线和回路线。曲轴转速传感器信号盘与飞轮集成一体，凸轮轴转速传感器信号盘则与燃油泵轴制成一体。曲轴信号盘共有 58 个齿（实为沉孔），这个 58 齿信号盘是由均匀分布的 60 齿信号盘变化而来，60 齿中去除 2 齿，用于产生大齿缺信号，以判定 1、6 缸上止点。凸轮轴信号盘共有 7 齿，这个 7 齿信号盘由均匀分布的 6 齿信号盘变化而来，6 齿盘增加 1 齿，用于产生特异的判缸信号。

安装油泵时要保证两者正确的相位关系，以保证曲轴信号和凸轮轴信号同步。如图 8-4 所示可用于曲轴和凸轮轴转速传感器相位检查。曲轴信号盘第 9 齿与传感器对正时，凸轮轴信号盘标识齿若与传感器中心对正，则相位关系正确。

**提示**：信号同步性对保证柴油机可靠工作至关重要，出现严重偏差时甚至会导致柴油机无法起动。

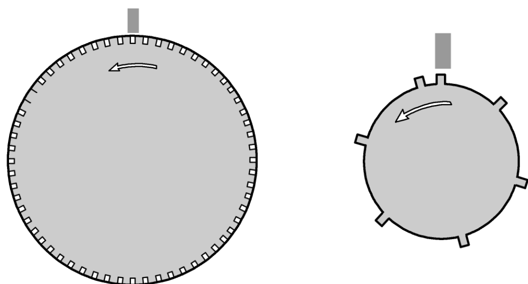



**图 8-4　潍柴 WP12 共轨柴油机转速传感器相位检查**

两传感器同步信号波形如图 8-5 所示。凸轮轴传感器的标识齿信号所对应的曲轴传感器大齿缺信号之后的 216°曲轴转角位置，为 1 缸压缩上止点。ECU 内部的分频电路对曲轴转速信号进行处理，能确定任一瞬间各缸所处行程以及活塞所处的准确位置，精度可达到 1°曲轴转角。这就为 ECU 精确控制喷油时刻提供了条件。

（3）传感器检测　磁电式转速传感器，检测内容包括目测检查、电阻测量、信号电压

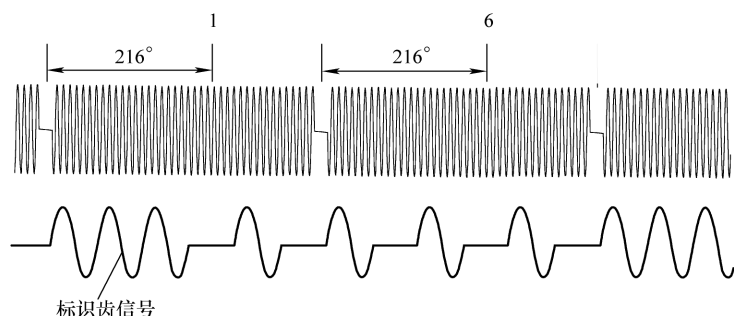



**图 8-5　潍柴 WP12 共轨柴油机同步信号波形图**

检测和信号波形检测等。

①目测检查。检查传感器安装是否到位、传感器磁头是否有脏污、信号盘沉孔内是否有油泥，必要时进行重新安装和清理。

②电阻测量。可拆下传感器插接器，检测传感器线圈电阻，然后与标准值进行比较，如果超出规范，则更换传感器。潍柴 WP12 共轨柴油机曲轴转速传感器和凸轮轴转速传感器电阻值为 770 ~950Ω。

③信号电压测量。拆下传感器插接器，在拖动条件下，使用交流电压档检测信号电压，通常情况下，传感器可以产生 1V 左右的交流电压。电压值的高低与转速及信号盘齿数成正比。

④信号波形检测。拆下传感器插接器，在拖动条件下，使用示波器检测传感器信号波形（图 8-6）。为了检测信号同步性，可以利用双通道同时检测曲轴、凸轮轴信号。

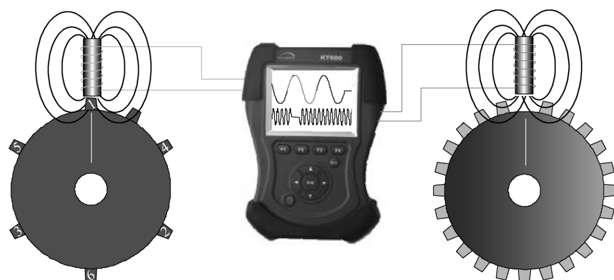



**图 8-6　利用 KT600 示波器检测同步信号**

（4）故障案例

**案例 1**

**故障现象：**一台潍柴 WP12 柴油机，发动机大修后发动机无法起动，检查喷油器无喷油指令。当拆下两转速传感器的任意一个时，能够起动发动机，但起动较困难。

**故障排除：**拆下曲轴转速传感器，顺时针盘转曲轴，使曲轴转速传感器大齿缺后第 9 齿与传感器安装孔中心对正，然后拆下燃油泵上的凸轮轴位置传感器，通过安装孔观察不到凸轮轴转速传感器信号盘的标识齿，认定正时错误。按着要求重新安装燃油泵后，故障得以排除。

**案例 2**

**故障现象**：一台潍柴 WP12 柴油机，发动机起动较困难。

**故障排除**：拆下曲轴转速传感器，发现传感器磁头及信号盘沉孔脏污，清理传感器及信号盘，装复后起动车辆，起动正常。

**2. 霍尔式转速传感器**

（1）霍尔式转速传感器的工作原理　霍尔效应是磁电效应的一种，这一现象是美国物理学家霍尔于 1879 年发现的。如图 8-7 所示，当电流垂直于外磁场通过导体时，在导体的垂直于磁场和电流方向的两个端面之间会出现电势差，这一现象便是霍尔效应。该电势差称为霍尔电压。

霍尔效应的本质是，带电粒子在外加磁场中运动时，因为受到洛仑兹力的作用而使轨迹发生偏移，并在材料两侧产生电荷积累，形成垂直于电流方向的电场，最终使载流子受到的洛仑兹力与电场斥力相平衡，从而在两侧建立起一个稳定的电势差（即霍尔电压）。

霍尔式转速传感器，是利用霍尔效应的原理制成的，图 8-8 所示为康明斯 ISF3.8 柴油机配备的霍尔式曲轴转速传感器。传感器信号盘是由均匀分布的 60 齿去除 2 齿获得，去除 2 齿得到的大齿缺，用于产生特异信号。

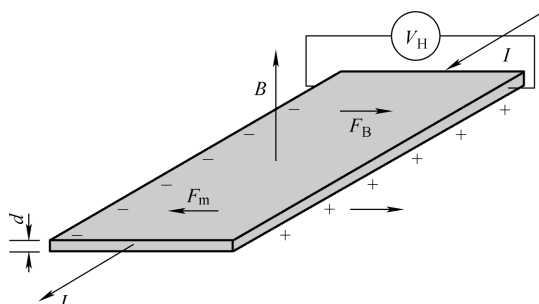



**图 8-7　霍尔电压 $V_H$ 的产生**

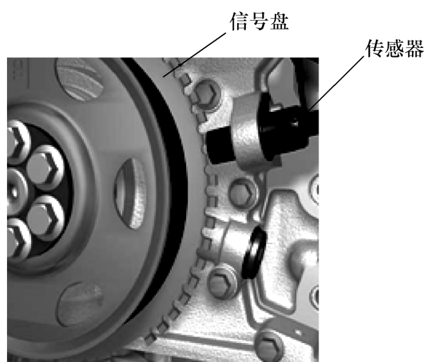



**图 8-8　康明斯 ISF3.8 柴油机霍尔式曲轴转速传感器**

如图 8-9 所示霍尔传感器共有 3 根导线与 ECU 相连接，ECU 提供的 5V 电源、信号线和回路线。当信号盘齿隙通过传感器的信号发生器时，磁路经过导磁片，磁力线不穿过霍尔元件、无霍尔电压和霍尔传感器输出高电位（5V）；当信号盘轮齿通过传感器时，磁路穿越霍尔元件和信号盘、有霍尔电压，传感器输出低电位（0V）。

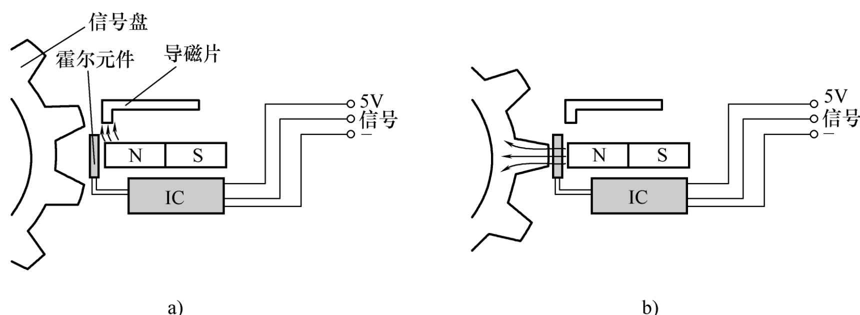



**图 8-9　霍尔式转速传感器工作原理**

a）齿隙对正传感器　b）轮齿对正传感器

发动机运转时，传感器信号波形如图 8-10 所示，其中的齿缺信号用于确定 1、4 上止点。

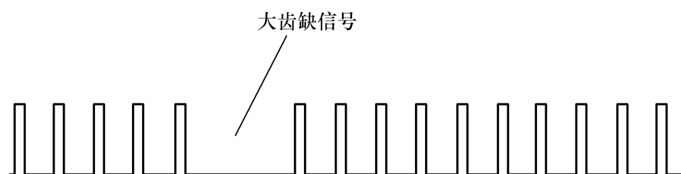



图 8-10　霍尔式曲轴转速传感器信号波形

（2）霍尔式转速传感器检测

①目测检查。检查传感器安装是否到位、传感器磁头及信号盘是否脏污，必要时进行重新安装或进行清理。

②信号电压测量。如图 8-11 所示拆下传感器插接器，将专用于测试的抽头电缆跨接于转速传感器与传感器插接器之间，然后盘转发动机，使用直流电压档检测信号电压，如果盘动过程中万用表的读数在 0V 和 5V 之间不断转换，则说明传感器正常；如果恒为固定值，则说明传感器有故障。

也可以拆下传感器，用一个金属工具置于传感器磁头，此时测得的信号电压应接近 0；如果移开工具，测得的信号电压应为 5V。如果为恒定值，则一定有故障。

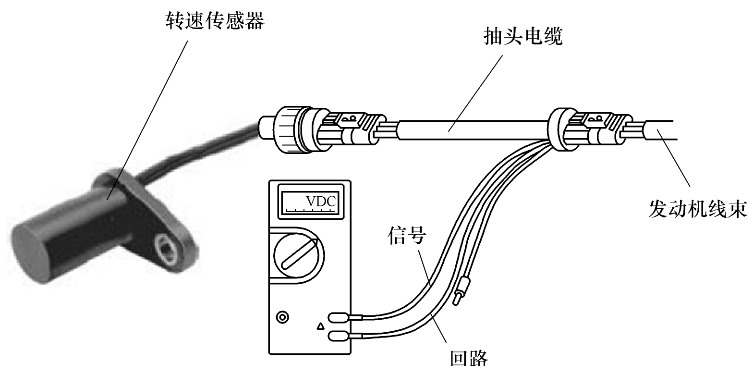



图 8-11　测量霍尔转速传感器信号电压

③信号波形检测。如图 8-12 所示拆下传感器插接器，将抽头电缆跨接于转速传感器与传感器插头之间。然后用示波器检测信号波形。如果能够检测到矩形方波，则说明传感器及线路正常。

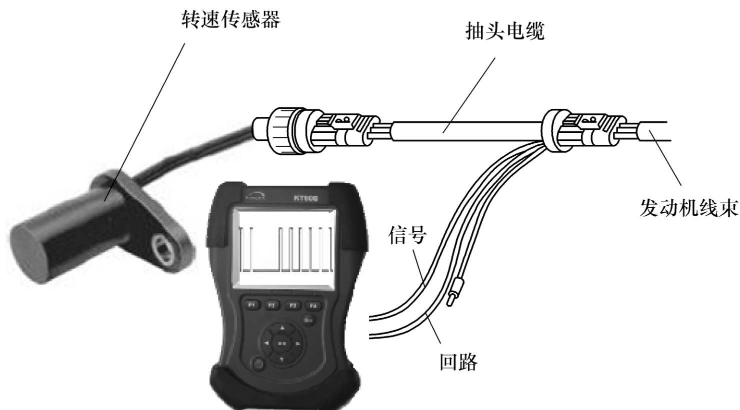



图 8-12　检测霍尔式传感器信号波形

（3）故障案例

**故障现象**：一台康明斯 ISF3.8 柴油机，用 insite 服务软件读取 2322 故障（发动机凸轮轴转速/位置传感器 – 数据不稳定、间断或不正确）。

**故障排除**：拆下传感器插接器，将专用于测试的抽头电缆跨接于转速传感器与传感器插接器之间，然后打开点火开关、盘动发动机，使用万用表直流电压档检测信号电压，万用表的读数保持 0V 不变；进一步检查 5V 电源线与回路线间电压，万用表的读数为 0V；检测 5V 电源线与地间电压为 5V；最后检查回路线，发现开路，重新连接后，故障排除。



**你学会了吗?**

1. 磁电式转速传感器如何进行检测?
2. 如何检测霍尔式转速传感器信号电压?

# 第 34 天　温度传感器故障与检测要点

**学习目标**

1. 掌握温度传感器工作原理
2. 了解温度传感器主要应用
3. 了解温度传感器常见故障原因
4. 掌握温度传感器检测方法

## 一、温度传感器的工作原理

温度传感器的作用是将被测介质温度转变为电压信号输送给 ECU，便于 ECU 依据温度信号实现各种控制功能。例如，冷却液温度传感器结构如图 8-13 所示。温度传感器的核心元件是一个阻值随温度变化而变化的热敏电阻。

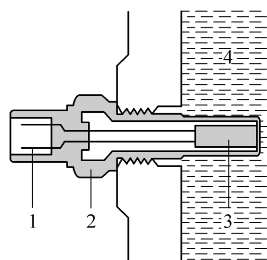


**图 8-13　冷却液温度传感器结构**
1—触针　2—壳体
3—NTC 电阻　4—冷却液

热敏电阻按着阻值冷却液温度变化趋势不同，可分为正温度系数热敏电阻（PTC）和负温度系数热敏电阻（NTC）两类。而目前在电控柴油机上应用的绝大多数温度传感器都是 NTC 电阻，如图 8-14 所示为 NTC 电阻随温度变化的曲线，显然这种传感器温度越高电阻越小。

下面以潍柴 WP10/12 国Ⅳ共轨柴油机的冷却液温度传感器为例，介绍其工作原理（如图 8-15 所示）。传感器与 ECU 间共有两条导线连接：一条信号线（传感器 1 号针脚至 ECU 的 A28 号针脚）；另一条为回路线（传感器 2 号针脚至 ECU 的 A29 号针脚），回路线经 ECU 搭铁。信号线进入 ECU 后经过一个精密电阻 *R*（阻值基本恒定、不随温度变化）连接到 5V 电源上。

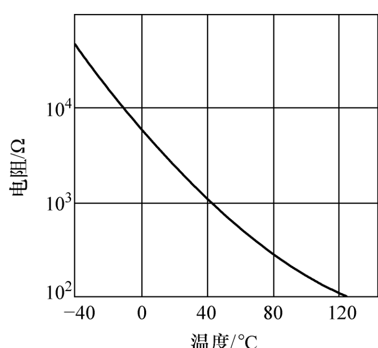



**图 8-14 NTC 电阻随温度变化的曲线**

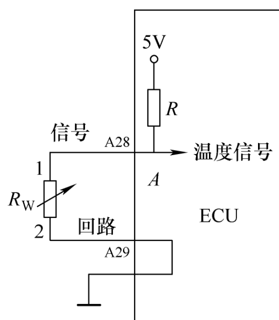



**图 8-15 EDC17 电控系统温度传感器电路**

冷却液温度传感器电阻 $R_W$ 与精密电阻 $R$ 构成一个分压电路（图 8-15）。经过简单的电路计算，可求得冷却液温度信号电压的计算公式

$$V_A = \frac{R_W}{R_W + R} \times 5$$

由上式可知冷却液温度信号 $V_A$ 的范围是：$5V > V_A > 0V$，而且信号电压 $V_A$ 与冷却液温度传感器电阻 $R_W$ 成正比，与冷却液温度成反比。

## 二、温度传感器的应用

### 1. 冷却液温度传感器

作用：测量冷却液温度，用于冷起动控制、目标怠速计算和发动机保护等。测量范围一般为 −40～140℃。

在低温条件下起动柴油机时，ECU 会依据冷却液温度信号加浓混合气、加大喷油提前角。如果温度传感器信号失准就会导致低温启动困难、油耗过高、冒黑烟、发动机无力等现象。

当发动机冷却液温度过高时，如果启用了停机保护功能，发动机会自动熄火。例如康明斯 ISM 柴油机，当冷却液温度超过 104℃，红色的发动机严重故障指示灯点亮，发动机动力逐渐下降，30s 后停机。如图 8-16 所示潍柴共轨柴油机配备的冷却液温度传感器。



**图 8-16 冷却液温度传感器**

潍柴 BOSCH EDC7 电控系统，冷却液温度传感器在不同温度条件下的电阻规范值见表 8-1。

**表 8-1 潍柴 BOSCH EDC7 电控系统冷却液温度传感器电阻**

| t/℃ | 冷却液温度传感器电阻/kΩ | | |
|---|---|---|---|
| | 标准值 | 最小值 | 最大值 |
| −40 | 45.313 | 40.49 | 50.136 |
| −30 | 26.114 | 23.58 | 28.647 |
| −20 | 15.462 | 14.096 | 16.827 |
| −10 | 9.397 | 8.642 | 10.152 |
| 0 | 5.896 | 5.466 | 6.326 |

（续）

| t/℃ | 冷却液温度传感器电阻/kΩ | | |
|---|---|---|---|
| | 标准值 | 最小值 | 最大值 |
| 10 | 3. 792 | 3. 542 | 4. 043 |
| 20 | 2. 5 | 2. 351 | 2. 649 |
| 25 | 2. 057 | 1. 941 | 2. 173 |
| 30 | 1. 707 | 1. 615 | 1. 796 |
| 40 | 1. 175 | 1. 118 | 1. 231 |
| 50 | 0. 834 | 0. 798 | 0. 87 |
| 60 | 0. 596 | 0. 573 | 0. 618 |
| 70 | 0. 435 | 0. 421 | 0. 451 |
| 80 | 0. 323 | 0. 313 | 0. 332 |
| 90 | 0. 243 | 0. 237 | 0. 25 |
| 100 | 0. 186 | 0. 182 | 0. 191 |
| 110 | 0. 144 | 0. 14 | 0. 148 |

**2. 进气温度传感器**

作用：进气温度信号用于修正喷油量和发动机保护。测量范围一般为－40～120℃。

进气温度信号失准，发动机动力性、经济性、排放都会有影响。康明斯 ISM 柴油机，当发动机进气温度超过 93℃时，如果启用了停机保护功能，红色的发动机严重故障指示灯点亮，发动机动力逐渐下降，30s 后停机。

潍柴 BOSCH EDC7 电控系统，进气温度传感器在不同温度条件下的电阻规范值见表 8-2。

**表 8-2　潍柴 BOSCH EDC7 电控系统进气温度传感器电阻**

| t/℃ | 传感器电阻/Ω | | | t/℃ | 传感器电阻/Ω | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 标准值 | 最小值 | 最大值 | | 标准值 | 最小值 | 最大值 |
| －40 | 48153 | 45301 | 51006 | 40 | 1199. 6 | 1152. 4 | 1246. 7 |
| －35 | 35763 | 33703 | 37823 | 45 | 1008. 6 | 969. 9 | 1047. 4 |
| －30 | 26854 | 25350 | 28359 | 50 | 851. 1 | 819. 1 | 883 |
| －25 | 20376 | 19265 | 21487 | 55 | 720. 7 | 694. 2 | 747. 1 |
| －20 | 15614 | 14785 | 16443 | 60 | 612. 3 | 590. 3 | 634. 2 |
| －15 | 12078 | 11453 | 12702 | 65 | 521. 9 | 503. 6 | 540. 2 |
| －10 | 9426 | 8951 | 9901 | 70 | 446. 3 | 431 | 461. 6 |
| －5 | 7419 | 7055 | 7783 | 75 | 382. 89 | 370. 1 | 395. 7 |
| 0 | 5887 | 5605 | 6168 | 80 | 329. 48 | 318. 68 | 340. 27 |
| 5 | 4707 | 4487 | 4926 | 85 | 284. 37 | 275. 25 | 293. 48 |
| 10 | 3791. 1 | 3618. 7 | 3963. 5 | 90 | 246. 15 | 238. 43 | 253. 86 |
| 15 | 3074. 9 | 2938. 5 | 3211. 3 | 95 | 213. 67 | 207. 12 | 220. 23 |
| 20 | 2510. 6 | 2401. 9 | 2619. 3 | 100 | 186 | 180. 42 | 191. 58 |
| 25 | 2062. 9 | 1975. 8 | 2150. 1 | 105 | 162. 35 | 157. 37 | 167. 32 |
| 30 | 1715. 4 | 1644. 7 | 1786. 2 | 110 | 142. 08 | 137. 63 | 146. 52 |
| 35 | 1431. 8 | 1374. 2 | 1489. 5 | | | | |

**3. 机油温度传感器**

作用：机油温度传感器信号主要用于发动机保护。例如康明斯 ISM 柴油机，当发动机进气温度超过 123.9℃时，如果启用了停机保护功能，红色的发动机严重故障指示灯点亮，发动机动力逐渐下降，30s 后停机。机油温度传感器测量范围一般为 –40～170℃。

潍柴 BOSCH EDC7 电控系统，机油温度传感器在不同温度条件下的电阻规范值见表 8-3。

**表 8-3 潍柴 BOSCH EDC7 电控系统机油温度传感器电阻**

| t/℃ | 传感器电阻/Ω | | | t/℃ | 传感器电阻/Ω | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 标准值 | 最小值 | 最大值 | | 标准值 | 最小值 | 最大值 |
| –40 | 45303 | 43076 | 47529 | 50 | 833.8 | 810.5 | 857 |
| –35 | 34273 | 32643 | 35902 | 55 | 702.7 | 683.7 | 721.7 |
| –30 | 26108 | 24907 | 27309 | 60 | 595.4 | 579.7 | 611 |
| –25 | 19999 | 19108 | 20899 | 65 | 508.2 | 495.3 | 521.1 |
| –20 | 15458 | 14792 | 16124 | 70 | 435.6 | 424.9 | 446.4 |
| –15 | 12000 | 11499 | 12501 | 75 | 374.1 | 365.2 | 383.1 |
| –10 | 9395 | 9015 | 9775 | 80 | 322.5 | 315 | 329.9 |
| –5 | 7413 | 7123 | 7704 | 85 | 279.5 | 273.2 | 285.8 |
| 0 | 5895 | 5671 | 6118 | 90 | 243.1 | 237.8 | 248.4 |
| 5 | 4711 | 4537 | 4884 | 95 | 212.6 | 208.1 | 217.1 |
| 10 | 3791 | 3656 | 3927 | 100 | 186.6 | 182.9 | 190.3 |
| 15 | 3068 | 2962 | 3174 | 105 | 163.8 | 160.3 | 167.2 |
| 20 | 2499 | 2416 | 2583 | 110 | 144.2 | 141 | 147.3 |
| 25 | 2056 | 1990 | 2123 | 115 | 127.3 | 124.4 | 130.1 |
| 30 | 1706 | 1653 | 1760 | 120 | 112.7 | 110.1 | 115.2 |
| 35 | 1411 | 1368 | 1455 | 105 | 100.2 | 97.81 | 102.5 |
| 40 | 1174 | 1139 | 1209 | 110 | 89.28 | 87.13 | 91.43 |
| 45 | 987.4 | 959 | 1016 | | | | |

## 三、温度传感器的故障与检测

**1. 信号电压过高**

温度传感器报出信号电压过高故障时，多是因为传感器电路有开路。需要检查的内容如下：

① 断开传感器插接器，检查触针是否接触不良，如针孔松动、触针折断、脏污等。测量传感器电阻，与标准值对比，不相符时，应更换传感器。

② 断开传感器插接器，测量信号线与地之间是否有 5V 电压，如果电压为 0，应检查信号线是否开路、ECU 传感器插接器触针是否接触不良。

③ 断开传感器插接器，测量回路线与地间电阻，如果电阻值过高，则需检查回路线是否开路、ECU 传感器插接器触针是否损坏、ECU 搭铁线是否搭铁可靠等。

**2. 信号电压过低**

信号电压过低的主要原因有信号线搭铁、传感器损坏和 ECU 损坏等。检测内容有。

① 断开传感器插接器触针，检查是否有油污或损坏。

② 断开传感器插接器和 ECU 传感器插接器，测量信号线与搭铁之间电阻，如果阻值小于 100kΩ，则说明信号线搭铁，需要维修或更换导线、线束。

③ 断开 ECU 传感器插接器，打开点火开关，连接诊断仪，读取故障码，如果信号电压过低故障仍为现行时，在确认电脑供电正常的前提下，应更换 ECU。

## 四、温度传感器的响应测试

ECM 响应测试在排除传感器及线路故障时广泛被采用。具体做法是，当某一传感器报出信号电压过高或过低故障时，人为制造反向故障，然后观察 ECM 响应性，来确定故障部位的诊断方法。经过完整的响应测试，能够确认故障发生在传感器、线束、ECU 三者中的哪一部分。

下面以康明斯 ISM 柴油机冷却液温度传感器为例，介绍响应测试方法，相关电路如图 8-17 所示。

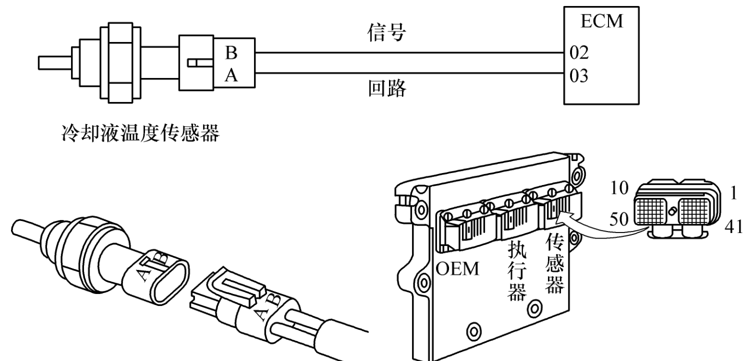



**图 8-17　康明斯 ISM11 柴油机 CM570 电控系统冷却液温度传感器电路**

**1. 现行故障：144**（冷却液温度电路中检测到高电压）**的响应测试**（图 8-18）

**提示：**◇在断开传感器或 ECM 插接器，进行测试前，应先检查触针是否脏污或损坏。

◇更换 ECM 前，应确认 ECM 供电电路正常。

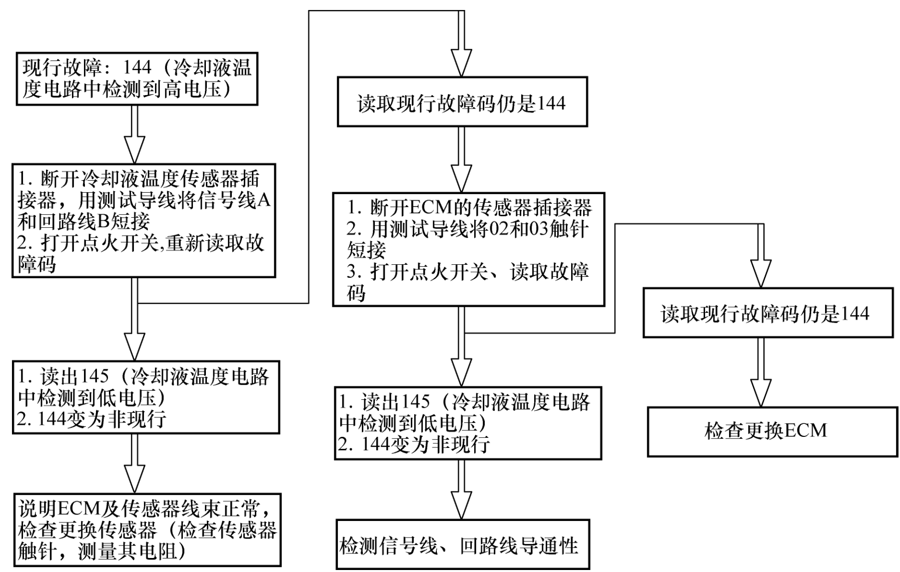



**图 8-18　冷却液温度高电压故障的 ECM 响应测试**

**2. 现行故障：145**（冷却液温度电路中检测到低电压）**的响应测试**（图 8-19）

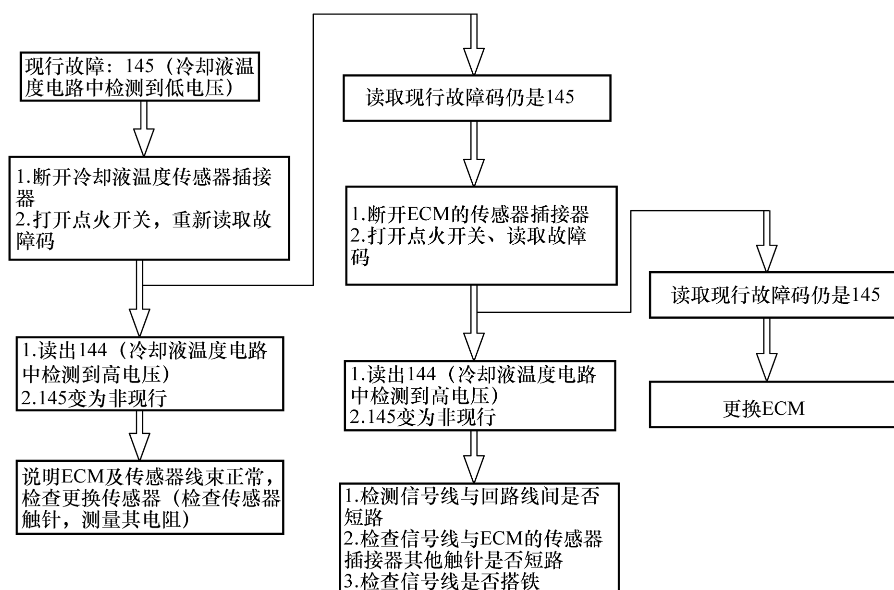



**图 8-19　冷却液温度低电压故障的 ECM 响应测试**

## 五、故障案例

**案例 1**

**故障现象**：一台康明斯 ISM 柴油机，工作一段时间就会自行熄火，停车一段时间后又恢复正常，再过一段时间又熄火。读取故障码 151，含义为冷却液温度信号指示温度超过 104°C（数据有效）。

**故障排除**：使用测温仪实测冷却液温度只有 93℃。确定冷却液温度传感器损坏，导致 ECU 获得的冷却液温度信号错误，进入自我保护模式，大负荷时自动熄火。更换冷却液温度传感器故障排除。

**提示**：传感器信号失准，而 ECM 并没有识破（数据有效），此时故障判断需要服务人员的主观判断和分析。此例中，确认为是假高温是解决问题的关键一步。如果按着查找高温原因的一条路走下去，可能会走很多弯路。

**案例 2**

**故障现象**：一台潍柴 WP12 国Ⅳ共轨柴油机，报出故障：发动机冷却液温度原始电压高于上限。

**故障排除**：断开插接器，检查触针，未见异常，打开点火开关，检测冷却液温度传感器信号与回路间电压为 5V，这说明线束和 ECU 正常。装复后，故障码仍为当前故障。最后仔细检查发现传感器插接器信号线触针孔松旷，利用单触针插入针空内，靠自重就可脱落。更换线束插接器后，故障排除。

**提示**：插接器接触不良，是电控系统多发故障。触针检查往往容易被忽视。



**你学会了吗?**

1. 负温度系数的热敏电阻式温度传感器信号电压与温度值成正比还是反比?

2. 当 ECU 报出冷却液温度传感器信号电压过高故障时，如何进行响应测试确定故障区域?

# 第 35 天　压力传感器故障与检测要点



**学习目标**

1. 掌握压力传感器工作原理
2. 了解压力传感器主要应用
3. 了解压力传感器常见故障原因
4. 掌握压力传感器检测方法

## 一、压力传感器的工作原理

压力传感器有压电式、压阻式和电容式等多种类型。

压电式压力传感器利用压电晶体的压电效应，将压力转换为电压信号。压电效应是指压电晶体（如石英晶体）在压力作用下，产生电压信号的现象。

电容式压力传感器原理是使介质压力作用于电容的一个极板上，压力的变化使极板移动，两极板间的电容随之改变，再经过集成电路将电容的改变转换为电压信号。

压阻式压力传感器是由平面应变传感器发展起来的一种新型压力传感器。它以硅膜片作为弹性敏感元件，膜片上用集成电路扩散工艺制成四个等值电阻，组成惠斯通电桥。当膜片受压力作用后，由于半导体的压阻效应，电阻值会发生变化，使电桥输出，而测得压力的变化。利用这种方法制成的压力传感器叫压阻式压力传感器。下面介绍压阻式压力传感器结构原理（图 8-20）。

**1. 结构**

测量单元位于压力传感器的中心，由一片硅片 2 组成，其上有一片蚀刻的薄膜。4 个电阻桥式分布于膜片上，当有机械压力时，应变片电阻就会发生变化。

有的压力传感器和温度传感器集成在一起，完成温度和压力检测。其结构如图 8-21 所示。

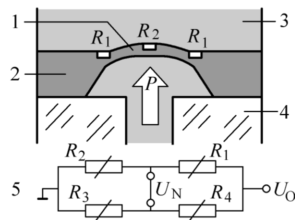



**图 8-20　压阻式压力传感器**

1—膜片　2—硅片

3—真空室　4—材料　5—惠斯通电桥

$p$—测量压力　$U_O$—供电电压

$U_N$—测量电压　$R_1$—应变电阻（受压）

$R_2$—应变电阻（受拉）

**2. 压阻式压力传感器工作原理**

测量压力的变化，传感器膜片在 10～1000μm 范围内弯曲。分布在膜片上的 4 个应变电阻的阻值在机械应力的作用下发生变化。当膜片发生变形时，其中两个应变电阻的阻值增大，而另外两个电阻值则减小，这使得惠斯顿电桥的输出

电压发生变化。传感器芯片外部是基准真空室，测量的是介质的绝对压力，因此，这种传感器称为绝对压力传感器。传感器芯片外部气室若与大气相通，则测量压力的是介质相对于大气的压力差，这种传感器则称为相对压力传感器。

信号处理电路集成在硅芯片上。它的作用是放大测量电压，补偿温度影响。如图 8-22 所示为压力传感器特性曲线。这种压力信号与压力值成正比例的压力传感器应用广泛。

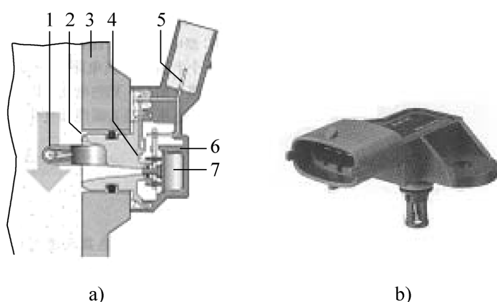



**图 8-21　进气压力温度传感器**

a）传感器结构　b）传感器外观

1—温度传感器　2—壳体　3—进气歧管壁

4—密封环　5—插头　6—密封外盖　7—测量单元及真空室

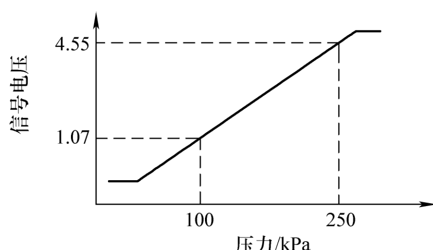



**图 8-22　压力传感器的特性曲线**

## 二、压力传感器的应用

### 1. 进气压力传感器

进气压力传感器安装在增压器后的进气歧管上，用于测量进气歧管中的绝对压力。这个压力值通常是相对于真空而不是环境压力，这样可以使空气质量和进气压力得到精确控制，优化发动机性能。

当 ECU 计算进气量时，进气压力信号和进气温度信号一起被 ECU 调用。当进气压力信号失准时，进气量计算偏差，直接影响喷油量。当发动机出现动力不足、油耗过高故障时，需要检查进气压力传感器性能。

### 2. 大气压力传感器

大气压力传感器可集成在 ECU 内，也可外置。它的作用是为 ECU 提供大气压力信号，ECU 依据海拔高度对一些控制量进行调节。例如，废气再循环（EGR）和进气压力控制都要利用大气压力信号。大气压力传感器测量的是绝对压（60 ~ 150kPa）。大气压力传感器发生故障时，发动机动力将会下降。

### 3. 机油压力传感器

机油压力传感器安装在主油道上或机油滤清器内，用于测量机油的绝对压力。机油压力传感器测量范围为 0. 5 ~ 10bar。机油压力传感器信号主要用于发动机保护。

## 三、压力传感器的故障与检测

### 1. 信号电压过高故障

（1）故障原因

压力传感器电路如图 8-23 所示，它与 ECU 间共有 3 条导线连接：5V 电源线、信号线和回路线。信号电压过高的常见原因有。

① 回路线断路，或 ECU（ECM）搭铁不良。

② 信号线与 5V 电源线间短路。

③ 压力传感器故障。

④ ECU 故障。

（2）万用表检测

① 断开传感器插接器，检查触针是否松动、脏污或折断。检查重点是回路线触针。

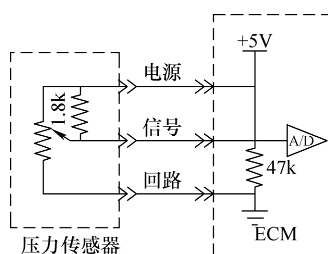


图 8-23　压力传感器电路

② 打开点火开关，用万用表直流电压档检测电源线与回路线间电压，如为（5 ±0.25）V，则供电正常；如果电压高于 5.25V，则说明电源线与高压电源短路。如果电源线与回路线间电压为零，而电源线对地间电压在（5 ±0.25）V 范围内，则说明回路线开路。

③ 如果供电正常，应检测信号线绝缘性。在断开传感器插接器及 ECU 传感器插接器的条件下，将一表笔接于 ECU 传感器插接器信号线端孔中，另一表笔逐一与 ECU 传感器插接器所有其他端孔相连接，用电阻档检测线间电阻，阻值大于 100kΩ 为合格。如果测量结果小于 100kΩ，则说明线间短路，应维修或更换线束。

**2. 信号电压过低故障**

（1）故障原因

① 电源线断路或搭铁。

② 信号线搭铁或与回路线短路。

③ 压力传感器故障。

④ ECU 故障。

⑤ 信号线断路。

**提示**：由于 ECU 内压力传感器信号线与回路线间接有 47kΩ 下拉电阻，因此当信号线断线时，ECU 内部的信号线通过其接地，ECU 就会报出信号电压过低的故障码。大多数的压力传感器信号线断线时，均报出信号电压过低故障。需要注意的是，多数共轨柴油机的轨压传感器与之相反：信号线断线时，报出信号电压过高故障。

（2）万用表检测

① 断开传感器插接器，检查触针是否松动、脏污或折断。检查重点是电源线和信号线触针。

② 打开点火开关，用万用表直流电压档检测电源线与回路线间电压，如为（5 ±0.25）V，则供电正常；如果电压为 0，则说明电源线故障，需要检查电源线是否开路或搭铁。

③ 如果供电正常，应检测信号线通断。首先断开传感器插接器及 ECU 传感器插接器，检查 ECU 传感器插接器触针是否松动、脏污或折断；用万用表一端接传感器插接器信号线针脚，另一端接 ECU 传感器插接器信号线针孔，用电阻档检测导线电阻，如果阻值小于 10Ω，则说明导线导通性正常。

④ 信号线绝缘性检查。在断开传感器插接器及 ECU 传感器插接器的条件下，将一表笔接于 ECU 传感器插接器信号线端孔中，另一表笔逐一与 ECU 传感器插接器所有其他端孔相连接，用电阻档检测线间电阻，阻值大于 100kΩ 为合格。如果测量结果小于 100kΩ，则说

明线间短路，应维修或更换线束。

⑤ 信号线搭铁检查。在断开断开传感器插接器及 ECU 传感器插接器的条件下，将一表笔接于传感器插接器信号线端孔中，另一表笔搭铁、测量信号线与搭铁间电阻，阻值大于 100kΩ 为合格。如果测量结果小于 100kΩ，则说明线间短路，应维修或更换线束。

## 四、压力传感器的响应测试

下面以康明斯 ISM 发动机进气歧管压力传感器为例，介绍压力传感器的 ECM 响应测试方法。

**1. 现行故障：122**（进气歧管压力信号高电压）**的响应测试**

康明斯 ISM 发动机（CM570 电控系统）的进气歧管压力传感器电路如图 8-24 所示。

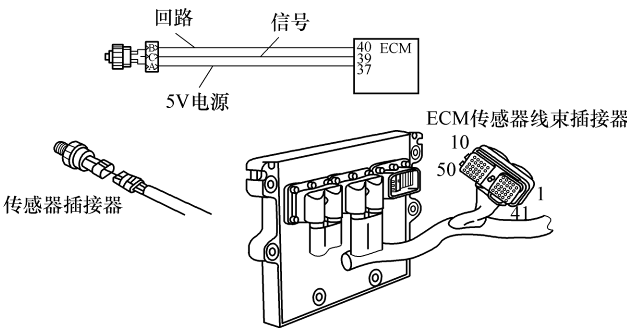



**图 8-24　进气歧管压力传感器线路**

响应测试，按图 8-25 所示步骤进行。

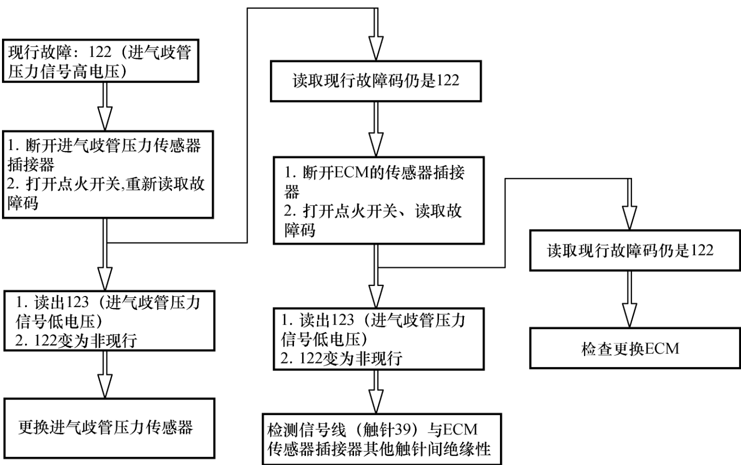



**图 8-25　进气歧管压力信号高电压响应测试**

**2. 现行故障：123**（进气歧管压力信号低电压）**的响应测试**

响应测试，按图 8-26 所示步骤进行。

## 五、故障案例

**故障现象**：一台潍柴 WP12 共轨柴油机重载时冒黑烟，空载时正常，无故障码。

**故障排除**：停车时，检查空气滤清器滤芯及气路、增压器正常。检查油路与油品正常。

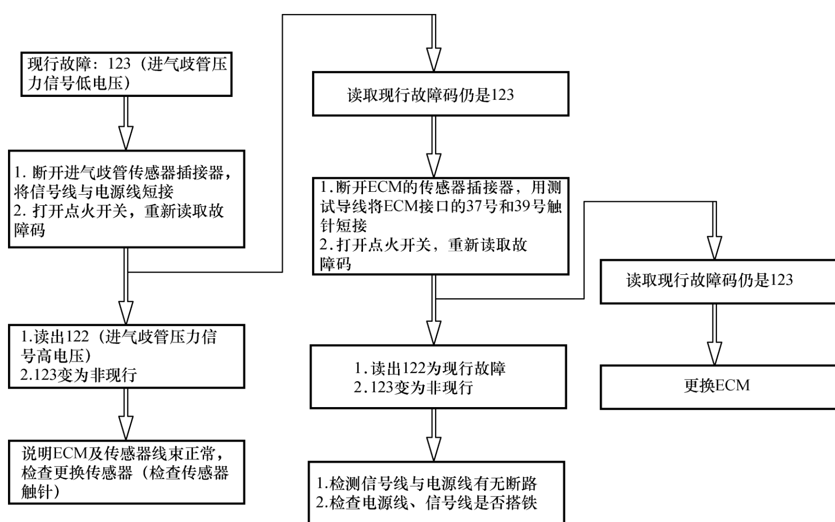



**图 8-26　进气歧管压力信号低电压响应测试**

运转发动机，用故障诊断仪监测柴油机的进气压力、转速、轨压等参数，发现重载加速时进气压力达到 1.5bar（绝对压力），之后瞬间降到 0.6bar，转速下降、冒黑烟。对进气管路检查发现空滤器之后的橡胶软管较软，高档加速时被吸瘪。更换进气软管后，故障排除。



**你学会了吗?**

1. 压力传感器信号电压过低故障原因有哪些？如何进行响应测试?
2. 压力传感器信号电压过高原因有哪些？如何进行响应测试?

# 第 36 天　加速踏板故障与检测要点

**学习目标**

1. 掌握加速踏板位置传感器工作原理
2. 了解加速踏板位置传感器主要类型
3. 了解加速踏板位置传感器常见故障原因
4. 掌握加速踏板位置传感器检测方法

## 一、加速踏板位置传感器结构原理

### 1. 电位计式加速踏板位置传感器的结构原理

加速踏板位置传感器为 ECU 提供加速踏板位置信号，此信号是 ECU 计算喷油量的重要依据。加速踏板位置传感器主要有电位计式和霍尔式两种。加速踏板发生故障时，ECU 将启用跛行回家工作模式，只能维持发动机小负荷运转。

图 8-27 为康明斯 ISM 柴油机配备的电位计式加速踏板位置传感器，它由一个电位计

（滑变电阻）和一个单刀双掷开关组成。

加速踏板位置传感器将加速踏板踩下的深度转变为电信号，传感器信号电压在 0 ~ 5V 之间变化。输出电压与加速踏板踏下深度成正比，ECM 依据此信号进行喷油控制。

单刀双掷开关的作用是向 ECM 提供怠速与非怠速信号，所以此开关也叫怠速校验开关。踏板放松时，怠速有效开关闭合，OEM 接头 13 号针脚为低电压，ECM 依此确认加速踏板为放松状态。此时 ECU 通过控制喷油量来将发动机转速稳定在规定范围内。

踩下加速踏板时，非怠速开关闭合，而怠速有效开关断开，OEM 接头 03 号针脚电压由高变低，ECM 依此确认加速踏板已被踩下。此时 ECU 依据踏板信号电压，接合发动机工况（转速、负荷）来计算喷油量。

当 ECM 检测到 03 和 13 号针脚同时为低电压或高电压时，即可确认逻辑错误、并存储相应故障码。

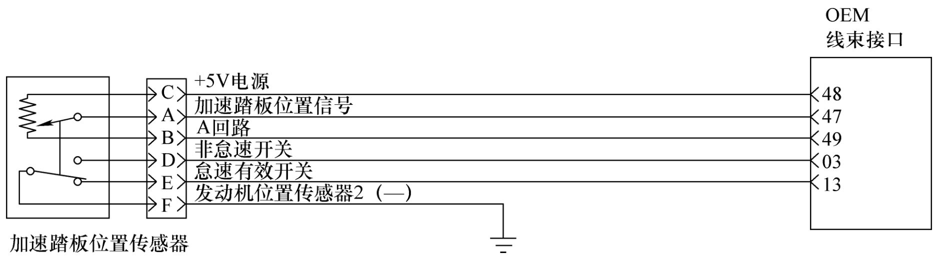



图 8-27　加速踏板针脚图

**2. 霍尔式加速踏板位置传感器的结构原理**

霍尔式加速踏板位置传感器依据霍尔效应原理工作，其结构如图 8-28 所示。踩下加速踏板时，偏心的转子（永久磁铁）2 随踏板一起旋转，这使得穿过霍尔元件的磁场发生改变，霍尔元件就会产生与踏板深度同步变化的霍尔电压。霍尔式加速踏板位置传感器输出电压多与踏板深度成正比。

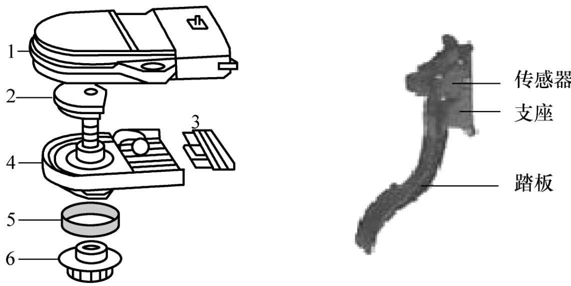
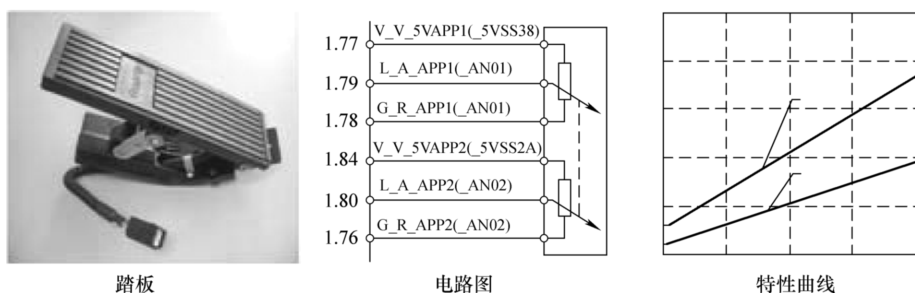



图 8-28　霍尔式加速踏板位置传感器

1—壳盖　2—转子（永久磁铁）　3—带霍尔元件传感器的求值电路　4—壳体　5—回位弹簧　6—齿轮连接件

加速踏板位置传感器共有 3 条导线与 ECU 相连接：5V 电源线、信号线和回路线。图 8-29 为潍柴 EDC7 博世电控系统的加速踏板电路图。该加速踏板中有两个位置传感器：1 号加速踏板位置传感器和 2 号加速踏板位置传感器，两个传感器信号电压成 2∶1 关系。如果两个加速踏板传感器信号不成比例时，ECU 将启用跛行回家模式：发动机转速被固定在 1000r/min，踩下加速踏板不再起作用。




踏板　　电路图　　特性曲线

**图 8-29　EDC7 博世电控系统的加速踏板及电路图**

## 二、加速踏板位置传感器故障与检测

**1. 加速踏板位置传感器信号电压过高故障**

（1）故障原因

① 回路线断路，或 ECU（ECM）接地不良。

② 信号线与 5V 电源线间短路。

③ 油门位置传感器故障。

④ ECU 故障。

（2）万用表检测

① 断开传感器插接器，检查触针是否松动、脏污或折断。

② 打开点火开关，用万用表直流电压档检测电源线与回路线间电压，如为 5V+0.25V，则供电正常；如果电压为 0，则说明电源线或回路线故障。

③ 如果供电正常，应检测信号线通断。首先断开传感器插接器及 ECU 传感器插接器，检查 ECU 传感器插接器触针是否松动、脏污或折断；用万用表一端接传感器插接器信号线针脚，另一端接 ECU 传感器插接器信号线针孔，用电阻档检测导线电阻，如果阻值小于 10Ω，则说明导线导通正常。

④ 信号线绝缘性检查。在断开传感器插接器及 ECU 传感器插接器的条件下，将一表笔接于 ECU 传感器插接器信号线端孔中，另一表笔逐一与 ECU 传感器插接器所有其他端孔相连接，用电阻档检测线间电阻，阻值大于 100kΩ 为合格。如果测量结果小于 100kΩ，则说明线间短路，应维修或更换线束。

⑤ 电位计式加速踏板位置传感器电阻检测。如康明斯 ISM 发动机加速踏板位置传感器电阻检测值应符合以下标准。

$R_{BC}=2\sim3\text{k}\Omega$；

$R_{CA}=1.5\sim3\text{k}\Omega$（释放踏板）；

$R_{CA}=200\sim1500\Omega$（踩下踏板）。

⑥ 霍尔式加速踏板位置传感器信号电压检测。霍尔传感器信号电压可通过诊断仪读取，也可使用抽头电缆用万用表检测。如 EDC7 电控系统加速踏板位置传感器的信号电压值，应符合表 8-4 规范。

**2. 加速踏板位置传感器信号电压过低故障**

（1）故障原因

表 8-4　EDC7 加速踏板检测规范

| | 放松踏板 | 踩到底 |
|---|---|---|
| 1 号传感器信号电压 | 0.57～0.95V | 3.84V |
| 2 号传感器信号电压 | 0.16～0.6V | 1.92V |

① 电源线断路或搭铁。

② 信号线对地或回路线短路。

③ 加速踏板位置传感器故障。

④ ECU 故障。

⑤ 信号线断路。

（2）万用表检测

① 断开传感器插接器，检查触针是否松动、脏污或折断。

② 打开点火开关，用万用表直流电压档检测电源线与回路线间电压，如为 5V＋0.25V，则供电正常；如果电压为 0，则说明电源线故障。

③ 如果供电正常，应检测信号线通断。首先断开传感器插接器及 ECU 传感器插接器，检查 ECU 传感器插接器触针是否松动、脏污或折断；用万用表一端接传感器插接器信号线针脚，另一端接 ECU 传感器插接器信号线针孔，用电阻档检测导线电阻，如果阻值小于 10Ω，则说明导线导通性正常。

④ 信号线绝缘性检查。在断开断开传感器插接器及 ECU 传感器插接器的条件下，将一表笔接于 ECU 传感器插接器信号线端孔中，另一表笔逐一与 ECU 传感器插接器所有其它端孔相连接，用电阻档检测线间电阻，阻值大于 100kΩ 为合格。如果测量结果小于 100kΩ，则说明线间短路，应维修或更换线束。

⑤ 信号线搭铁检查。在断开断开传感器插接器及 ECU 传感器插接器的条件下，将一表笔接于传感器插接器信号线端孔中，另一表笔接地、测量信号线与地间电阻，阻值大于 100kΩ 为合格。如果测量结果小于 100kΩ，则说明线间短路，应维修或更换线束。

⑥ 传感器电阻检测。康明斯 ISM 发动机加速踏板位置传感器电阻检测值应符合以下标准。

$R_{BC}=2\sim3k\Omega$；$R_{CA}=1.5\sim3k\Omega$（释放踏板）；$R_{CA}=200\sim1500\Omega$（踩下踏板）。

⑦ 霍尔式加速踏板位置传感器信号电压检测。例如，EDC7 电控系统加速踏板位置传感器的信号电压值，应符合表 8-4 规范。

## 三、故障案例

**故障现象**：潍柴 WP10 共轨柴油机，起动后转速始终运行在 1000r/min，加速踏板不起作用，闪码灯亮。读取闪码为 221（加速踏板信号异常）。

**故障排除**：检查电子加速踏板插头正常。使用诊断仪检测加速踏板电压，两倍关系不成立，检查线路连接正常，判定油门踏板传感器故障。更换加速踏板，故障排除。



**你学会了吗?**

1. 加速踏板位置传感器信号电压过低故障原因有哪些?

2. 加速踏板位置传感器发生故障后，会产生怎样的后果?

# 第 37 天　电控风扇系统故障诊断入门

**学习目标**

1. 掌握电控硅油风扇的工作原理和故障诊断方法
2. 掌握电磁恒温扇的结构和故障诊断方法

电控风扇的接合由 ECU 控制。当冷却液温度低时，风扇离合器分离，风扇随动远转，降低了能量消耗；当冷却液温度达到正常温度时，ECU 向风扇离合器发出指令、控制风扇接合。车用柴油机的电控风扇主要有电控硅油风扇和电磁恒温扇两种。

## 一、电控硅油风扇

电控硅油风扇是由普通硅油风扇演变而来。硅油油路上的阀门关闭时，在旋转离心力的作用下，主被动盘之间的硅油被甩出、经被动盘上的油路进入储油腔，主被动盘间硅油很快被甩空，离合器分离；如果将硅油油路上的阀门打开，被甩出的硅油经阀门顺利回流补充，硅油的粘结作用使主被动盘接合。电控硅油离合器就是通过电磁力来控制油路上的阀门动作，来实现对风扇离合器控制的。电控硅油离合器如图 8-30 所示。

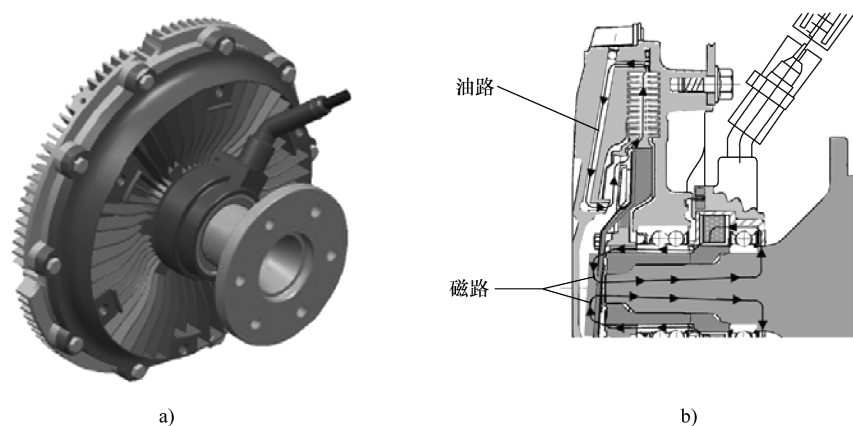



**图 8-30　电控硅油风扇离合器**

a）硅油风扇离合器总成　b）原理图

### 1. 潍柴共轨柴油机电控硅油风扇

潍柴 EDC7 电控系统电控硅油风扇控制电路如图 8-31 所示。

ECU 可以依据冷却液温度、进气温度、空调指令等控制风扇接合。离合器接合的温度条件是冷却液温度高于 90℃。

### 2. 康明斯 ISM 柴油机电控硅油风扇

康明斯 ISMCM876 电控硅油风扇电路如图 8-32 所示。

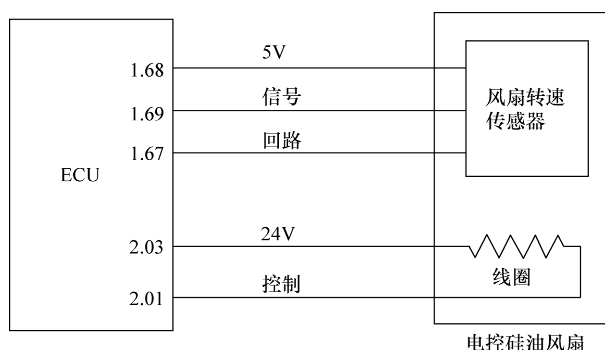



**图 8-31　潍柴 EDC7 电控系统电控硅油风扇控制电路**

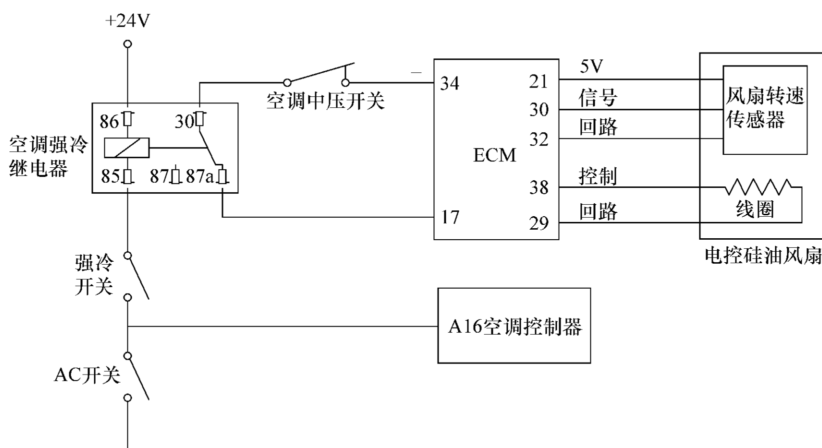



**图 8-32　康明斯 ISMCM876**（配装欧曼 GTL 重卡）**电控硅油风扇电路**

风扇接合条件如下。

1）冷却液温度超过 93℃。

2）中冷后进气温度超过 67℃。

3）同时按下 AC 开关和强冷开关。

**提示**：AC 开关和强冷开关接合后，空调强冷继电器线圈通电、触点断开，17 号电压由低变高，ECM 随即控制风扇离合器接合。

4）空调中压开关断开。

**提示**：空调中压为常闭开关，当空调压力超过 1.77KPa 时，开关断开，17 号电压由低变高，ECM 随即控制风扇离合器接合。空调中压开关一旦打开，需要空调系统压力降至 1.34MPa 时，才会恢复闭合状态。

图 8-33 为电控硅油风扇插接器针脚布置情况。

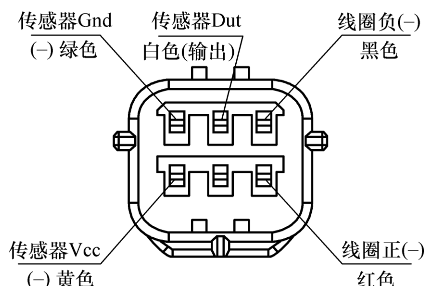



**图 8-33　康明斯 ISMCM876 电控硅油风扇插接器**

## 二、电磁恒温扇

潍柴电磁恒温扇结构如图 8-34 所示。它为三速

风扇，ECU 通过两组电磁离合器线圈通电断电来实现档位转换。

两线圈均不通电时，风扇为随动转速，速度很低。

当冷却液温度超过 84℃时，电磁风扇线圈 1 通电，风扇通过永磁间接传动，风扇二速运转（约为直连转速的一半）。当冷却液温度超过 90℃时，电磁风扇线圈 2 通电，风扇三速运转，风扇主被动盘直连输出。

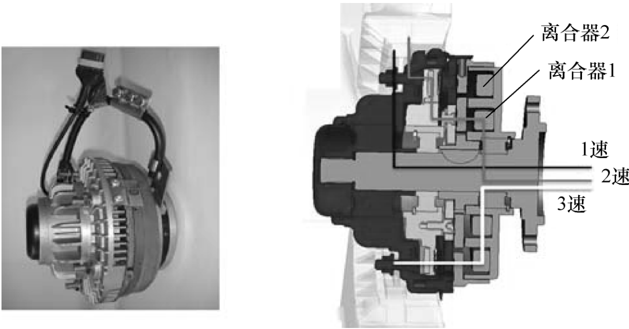



图 8-34　电磁恒温扇结构

潍柴 EDC17 电控系统的电磁恒温扇电路如图 8-35 所示。ECU 通过控制风扇继电器线圈，来实现对电磁风扇的控制。

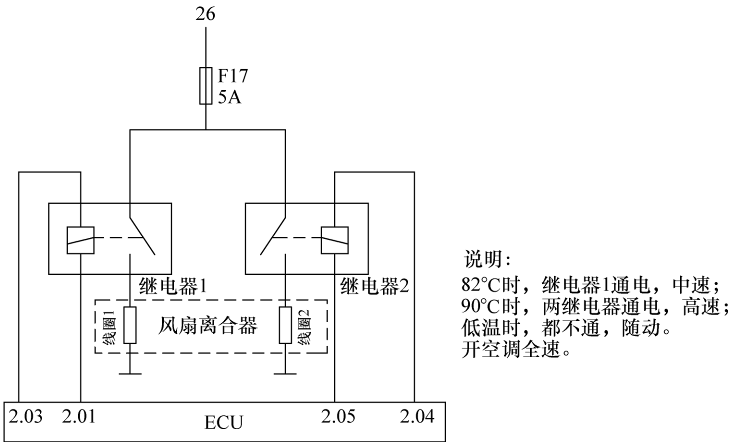



图 8-35　潍柴 EDC17 电控系统的电磁恒温扇电路

潍柴 EDC17（国四）电控系统的风扇控制如图 8-36 所示，ECU 风扇继电器控制针脚重新定义，A45、A60 为电源端；A15、A34 为低端。

## 三、故障案例

**故障现象**：潍柴 WP10 共轨柴油机，冷却液温度过高，检查电控硅油风扇，只有随动转速，高温时风扇不接合。

**故障排除**：在冷却液温度超过 90℃时，断不开风扇插接器，检测 24V 电源供电正常；检测控制线导通良好；最后仔细检查插接器插接不牢，触针接触不良。对插接器维修后装车，故障排除。

**提示**：针脚检查是排除线路故障的重要一环，很多时候对导线导通性、绝缘性进行测试

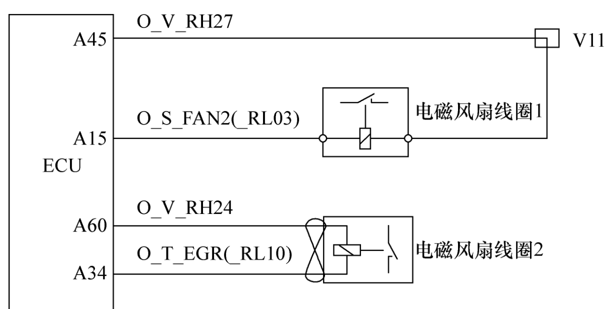



**图 8-36 潍柴 EDC17 电控系统的电磁恒温扇电路**

浪费了很多时间，回头来问题竟是出在插接器针脚上！



**你学会了吗?**

1. 康明斯 ISMCM876 电控硅油风扇接合条件有哪些?
2. 电磁恒温扇，二速、三速运转的温度条件是什么?

# 第 38 天 巡航系统故障诊断入门



**学习目标**

1. 掌握电控柴油机巡航控制原理
2. 掌握巡航系统故障的诊断、排除方法



**基础知识**

## 一、潍柴 EDC17 电控系统巡航电路

欧曼 GTL 牵引车（配备潍柴 WP12 国Ⅳ共轨柴油机）巡航控制原理如图 8-37 所示。巡航控制开关有两个：巡航主控开关和巡航设置（ – ）/恢复（ + ）开关，如图8-38所示。行车中按下巡航主控开关下部（RESUME），巡航被打开；再按下巡航设置（ – ）/恢复（ + ）开关的下部（ – ），巡航进入工作状态，此时驾驶人松开加速踏板，车辆自动按当前车速续航。巡航工作时，仪表上的巡航工作指示灯点亮。潍柴车型巡航启用最低车速为 30km/h。

车辆处于巡航状态时，可以通过巡航设置（ – ）/恢复（ + ）开关来改变巡航车速，按下此开关下部巡航车速减小，按下此开关上部巡航车速增高。

巡航运行中，如果踩下加速踏板、制动踏板、离合器踏板，或车速降至最低限值以

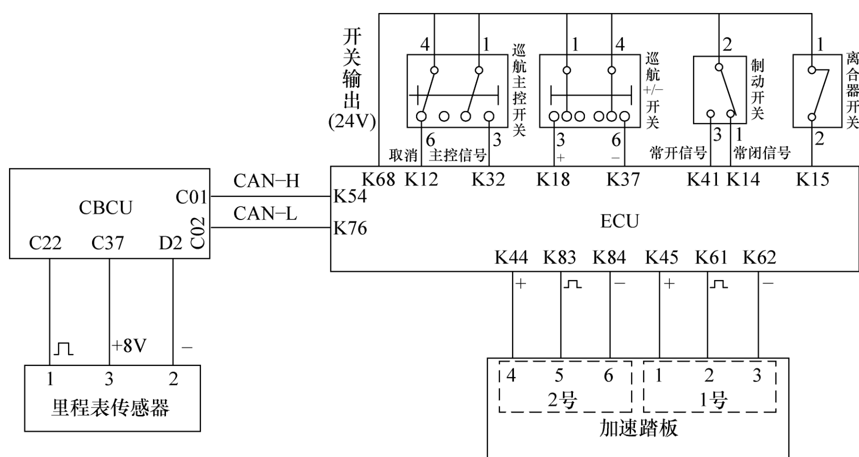



**图 8-37　配备潍柴 WP12 国Ⅳ共轨柴油机的欧曼 GTL 巡航控制电路**

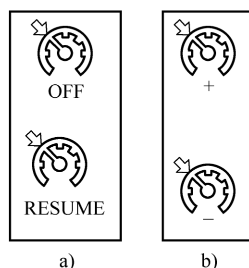



**图 8-38　巡航控制开关**

a）巡航主控开关　b）巡航设置（ − ）/恢复（ + ）

下时，巡航均会自动退出工作。

当因踩下制动或离合器踏板等退出巡航时，可以按下巡航设置（ − ）/恢复（ + ）开关上部、使车辆恢复到巡航取消前巡航状态和车速。

巡航行车中按下巡航主控开关上部（ OFF ），巡航被关闭。

**故障诊断入门**

**1. 巡航系统故障诊断流程**

巡航无法启用或巡航行车中无故退出，其主要原因有巡航主控开关关闭或故障、巡航设置（ − ）/恢复（ + ）开关故障、离合器开关故障、制动开关故障、加速踏板故障、车速传感器故障和 CBCU 通信故障等。具体诊断步骤如下。

1 ）连接诊断仪，读取故障码，检查是否有车速传感器、加速踏板传感器、CAN 总线通信等相关故障码。如有故障码，则根据故障码信息诊断、排除故障。一些电控柴油机当有进气压力故障、轨压故障、转速传感器故障、喷油器故障、计量单元故障和发动机过热等故障时，也会退出巡航，因此检修巡航系统前，应先排除发动机电控系统其他故障。

2 ）读取数据流，监测车速是否超过 30km/h；巡航开关状态是否处于打开位置；制动踏板是否处于放松位置；离合器开关是否处于关闭位置；排气制动是关闭等。当发现以上任意一项不符时，应进一步查明原因。

3）检查开关输出 K68（24V）是否断路，是否搭铁或对低压电源短路。

**2. 开关、传感器及线路测试**

按表 8-5 对潍柴 WP12 国Ⅳ共轨柴油机的开关和传感器线路进行测试。当测试结果与表 8-5 不相符时，说明元件或相关线路、插接器存在故障。

**表 8-5　开关与传感器线路测试**

| 序号 | 测试元件 | 测试条件 | 测试规范 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 巡航主控开关 | 按下 RESUSE | 3#（K32）搭铁电压 24V<br>6#（K12）搭铁电压 0V | 打开点火开关 |
| | | 按下 OFF | 3#（K32）搭铁电压 0V<br>6#（K12）搭铁电压 24V | 打开点火开关 |
| 2 | 巡航设置（－）/恢复（＋）开关 | 按下＋ | 3#（K18）搭铁电压 24V<br>6#（K37）搭铁电压 0V | 打开点火开关 |
| | | 按下－ | 3#（K18）搭铁电压 0V<br>6#（K37）搭铁电压 24V | 打开点火开关 |
| 3 | 离合器开关 | 踩下离合器 | 2#（K15）搭铁电压 0V | 打开点火开关 |
| | | 放松离合器 | 2#（K15）搭铁电压 24V | |
| 4 | 制动开关 | 踩下制动踏板 | 3#（K41）搭铁电压 24V | 打开点火开关 |
| | | | 1#（K14）搭铁电压 0V | |
| | | 放松制动踏板 | 3#（K41）搭铁电压 0V | 打开点火开关 |
| | | | 1#（K14）搭铁电压 24V | |
| 5 | 里程表传感器 | 断开里程表传感器插接器 | 检测 3#针脚与 2#针脚间电压应为 8V | 打开点火开关 |
| 6 | 加速踏板位置传感器 | 断开加速踏板插接器 | 检测 1#针脚与 3#针脚间电压应为 5V | 打开点火开关 |
| | | | 检测 4#针脚与 6#针脚间电压应为 5V | |

**3. 故障案例**

**故障现象**：一辆欧曼 6 系 GTL 重卡（配备潍柴 WP12. 375E40 发动机），运行中发生了巡航无法启用故障。

**故障排除**：连接诊断仪，通过数据流监测离合器开关为断开状态。在离合器踏板放松条件下，检测离合器开关导通性良好。后经检查确认离合器开关 2#针脚至 ECU/K15 针脚导线开路，对线路进行检修后，车辆巡航功能恢复正常。离合器开关信号线开路后，ECU/K15 针脚保持低电位，ECU 一直确认离合器被踩下，致使巡航无法启用。

# 第 39 天　康明斯皆可博发动机制动系统故障诊断入门

## 学习目标

1. 掌握康明斯皆可博发动机制动器结构原理
2. 掌握康明斯皆可博发动机常见故障诊断方法

## 基础知识

康明斯皆可博发动机制动器是一种性能优异的辅助制动系统。该系统可用于车辆下长坡速度控制，也用于停车前的减速。应用皆可博发动机制动器的柴油机主要有康明斯 M11 \ ISM 系列、东风雷诺 dci11 系列、卡特彼勒 C10/C12 系列等。图 8-39 所示为皆可博发动机制动器结构。

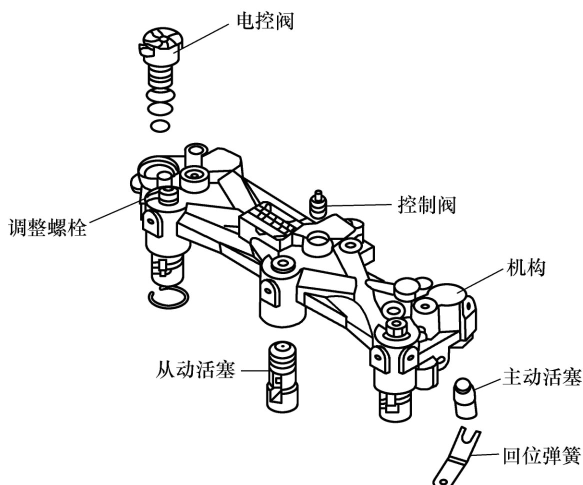



图 8-39　皆可博发动机制动器

皆可博是居于世界领导地位的车辆缓速装置和发动机阀动技术的生产厂家，其生产的制动系列产品在世界各地重型车辆上得到广泛应用。皆可博发动机制动器具有以下特点。

1）能够提供 85% 的车辆制动需求。

2）明显减少车轮制动器的磨损。

3）保持制动器冷却待用从而确保最大的安全性。

4）帮助驾驶人获得较高的平均驾驶速度从而缩短运输周期。

5）能与所有车辆功能衔接（ECM，ABS，巡航控制，冲撞预警系统和自动变速器）。

## 一、发动机制动器作用

1）发动机制动器具有保证车轮制动器的不会发生热衰退、进而保证车辆运行安全。

2）可以提高车辆下坡时的可控车速，运用发动机制动器放坡，行车制动器使用频次和时间明显降低，制动器温度就得到了很好的控制。当车辆遇到紧急情况需要减速或停车时，制动效能就有了保证。因此装有发动机制动器的车辆下坡车速可以适当提高。

3）在平路上可以缩短减速时间（距离）。车辆减速过程中，只要条件满足，发动机制动器和行车制动可以同时使用（起作用），缩短减速时间，这对保证运行安全有着重要意义。

## 二、发动机制动器控制原理

发动机制动起作用时，发动机制动装置在压缩冲程结束之前打开排气门（发动机制动启用后，已经停止喷油），压缩的空气通过排气系统排出，压缩能量不再通过做功冲程驱动发动机运转。发动机此时相当于吸收功率的压气机，车辆的冲量通过传动系统传递到发动机、反拖发动机运转。以上循环不断重复，车辆动能不断被吸收，车速便被得到了控制。发动机四个行程对应的气门状态如图 8-40 所示。当发动机制动器起作用时，每一工作循环排气门打开两次。

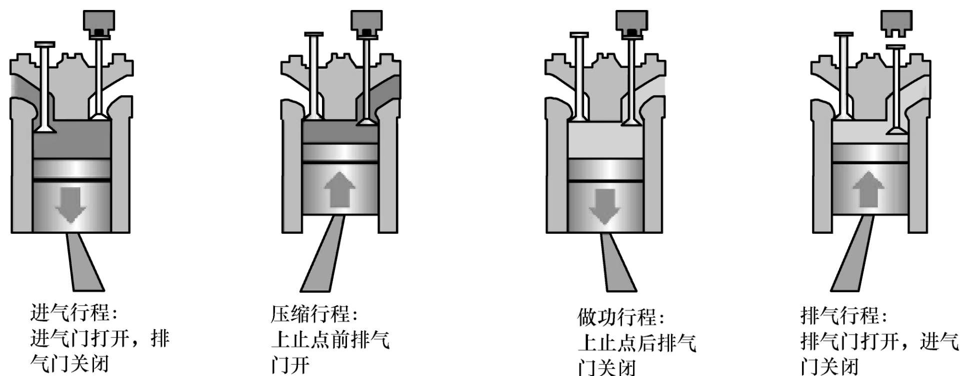



**图 8-40　发动机制动器控制原理**

康明斯 ISM11 发动机制动器电控液压执行机构组成如图 8-41 所示。整机有两个电磁阀控制发动机制动器工作，一个负责 1～3 缸，另一个负责 4～6 缸。发动机制动共有两个功率档可供选择。当选择Ⅰ档时，负责控制 1～3 缸的电磁阀通电、1～3 缸发动机制动起作用；当选择Ⅱ档时，负责控制 1～3 缸的电磁阀和负责 4～6 缸的电磁阀同时通电，此时 6 个气缸发动机制动都起作用。

电磁阀接通时，来自发动机主油道的压力机油经过电磁阀，再流过单向控制阀（油压将阀芯顶起），然后流到主动活塞和随动活塞间的油道中。机油压力推动主活塞下移、与喷油器摇臂的调节螺钉相接触。压缩行程接近终了时，喷油器推杆顶着摇臂调节螺钉向上移动，调节螺钉推动主动活塞上行、使主动活塞和随动活塞油道中油压升高。此时单向控制阀的止回球阀关闭，主动活塞与随动活塞的油道成为密闭的空间、油压急剧上升。高压油液推动随动活塞下移，压下丁字杆、将排气门打开。当喷油器凸轮转过外基

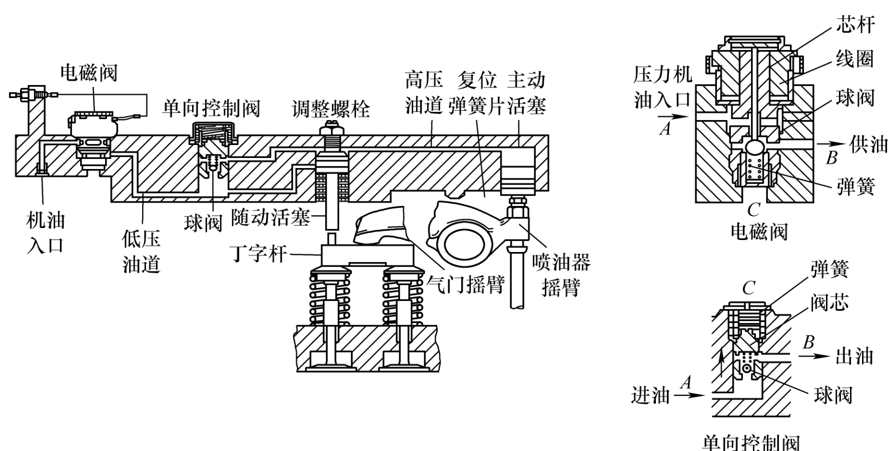



图 8-41　发动机制动器液压控制原理

圆后，喷油器摇臂换向下行，高压油道中油压迅速下降，随动活塞和排气门同步上行，排气门关闭。如此反复循环，使得每一工作循环中排气门打开两次。压缩行程时排气门的二次打开，使压缩终了的气缸压力得到释放，避免了气体压缩的能量在做功行程重新作用于活塞顶面，这就增大了发动机的制动力。

当打开发动机制动器开关后，ECM 会判断离合器、油门、发动机转速、车速条件是否满足，只有各方面条件都满足时，ECM 才会使发动机制动器工作。如果踩下离合器或油门，或发动机转速低于设定值，ECM 会为发动机制动器电磁阀断电，发动机制动器系统随机关闭。

关闭发动机制动时，电磁阀断电复位，球阀在弹簧作用下上移、关闭供油通道，电磁阀 *B* 口与卸油口 *C* 相通，单向控制阀阀芯下方油液经电磁阀排空，单向控制阀复位、下移，结果单向控制阀 *B* 口与卸油口 *C* 相通，主被动活塞间油道内的油液排空，系统退出工作。

康明斯发动机制动器，在压缩终了时，打开排气门方式有 3 种：ISM 发动机采用同缸喷油器摇臂打开排气门；ISL 发动机采用一个气缸的排气门摇臂打开另一缸排气门的方式；ISX 采用双凸轮轴打开排气门。每一缸摇臂有 4 种，分别为进气门摇臂、排气门摇臂、喷油器摇臂、制动器摇臂。

## 三、发动机制动器使用注意事项

发动机制动器起作用时，对驱动轮产生的制动作用，并不受车辆 ABS 系统监控。因此在使用发动机制动器时，要确保驱动轮不打滑，才能够保证车辆安全运行。发动机制动器使用中应注意以下几点。

① 车辆空载时使用发动机制动器驱动轮更容易抱死，因此最好不用。

② 在光滑路面（有水、雪、冰）、附着不好时，车轮更容易抱死，不要使用发动机制动器。单桥驱动汽车更应注意。

③ 起动车辆前要将发动机制动器开关关闭。车辆运行后，只有发动机油温达到正常范围时，才能启用发动机制动器。

④ 道路干燥、车辆满载时，建议使用高功率档，而平坦路面一般选用低档即可。

⑤ 发动机制动功率除了和选择的功率档有关外，制动功率还随发动机转速提高而同步上升，因此可以通过选择低档、提高发动机转速，来提高发动机制动功率，从而获得最佳的发动机制动性能。但需要注意的是，车辆下坡时不要使发动机超速，以防止发动机损坏。

⑥ 当车辆放长而陡的坡道时，要预先确认发动机制动器功能正常，然后选择合适的档位。下坡时不应再加速和换档。运行途中如果道路条件恶化、车轮打滑，要及时关闭发动机制动器。

⑦ 康明斯皆可博间隙标准值为 0.38mm，调整方法与气门间隙调整相同、使用塞尺进行调整。调整必须在气门和喷油器调整之后进行，并且发动机温度不允许超过 60℃。排气门可调时，同一缸的皆可博间隙也可调整。

## 四、康明斯皆可博发动机制动器电控系统控制原理

康明斯皆可博发动机制动器电控系统组成如图 8-42 所示。电控系统的主要传感器和开关有发动机制动（ON/OFF）开关、发动机制动档位选择开关、离合器开关、加速踏板位置传感器、车速传感器和发动机位置传感器等。执行器包括两个电磁阀。电磁阀 1 负责控制 1～3 缸，电磁阀 2 负责控制 4～6 缸。

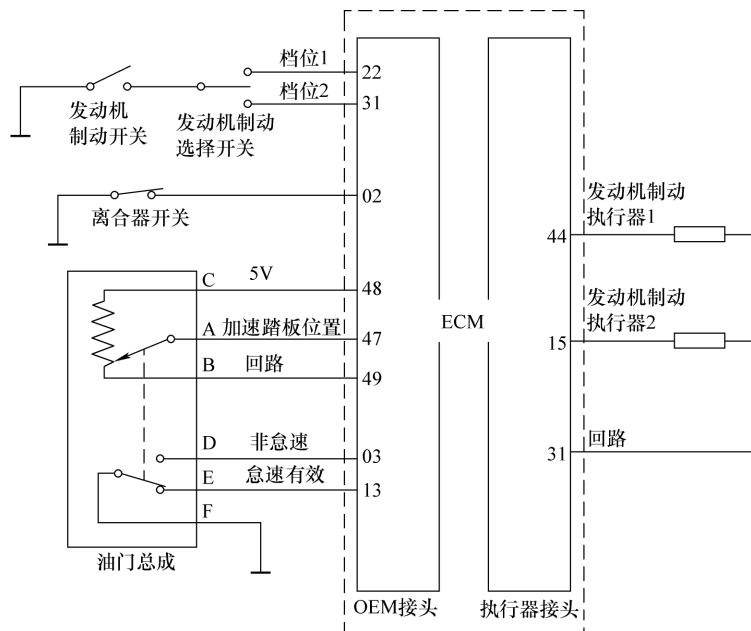



**图 8-42　ISM11CM570 发动机皆可博电控系统**

ECM 依据 OEM 接头的 22、31 号针脚电压高低来判定发动机制动（ON/OFF）开关和发动机制动选择开关的状态。在两个开关都断开的情况下，ECM 为 22、31 号针脚提供高电压。当发动机制动（ON/OFF）开关被打开后，如果发动机制动选择开关处于档位 1 位置，22 号针脚经过两开关完成搭铁、电位随即变为低电位，ECM 确认发动机制动（ON/OFF）开关已被打开、并且制动功率选择为低档（前三缸起作用）；在发动机制动

（ON/OFF）开关打开后，如果发动机制动选择开关处于档位 2 位置，31 号针脚经过两开关完成搭铁、电位变为低电位，ECM 据此可确定发动机制动（ON/OFF）开关已被打开、并且制动功率选择为高档（6 个缸都起作用）。

ECM 依据 OEM 接头的 02 号针脚来判定离合器开关位置。离合器开关是个常闭开关。当离合器踏板放松时开关闭合，02 号针脚完成搭铁、保持低电位；踩下离合器踏板时开关断开，ECM 为 02 号针脚提供高电压。只有 02 号针脚为低电压时，ECM 才能够确认离合器踏板是放松的，当发动机制动器启用的其他条件也满足时，发动机制动器才会被启用。如果 02 号针脚保持高电压，发动机制动器会退出工作。

在控制逻辑中，设定在加速过程中不启用发动机制动装置。即使车辆在发动机制动起作用的情况下运行，只要一踩下油门踏板，发动机制动随即退出工作。油门踏板放松时，13 号针脚通过怠速有效开关完成搭铁、保持低电位。当踩下加速踏板时 13 号针脚的接地被断开，03 号针脚通过踏板触点开关完成搭铁、电位由高变低。03 号针脚和 13 号针脚信号的互非逻辑设计，能够起到互相监控作用，便于线路出现故障时 ECM 能够完成自诊断。

ECM 判定离合器踏板和加速踏板均处于放松位置，发动机制动开关打开后，且发动机转速高于一定限值时，才能够为电磁阀通电，发动机制动器才会工作。ECM 为执行器 1 通电，1 ~ 3 缸发动机制动起作用；为两个执行器都通电时，6 个缸都起作用。



## 维修案例

**1. 发动机制动器失效原因**

（1）发动机制动器开关到 ECM 的 OEM 接头线路故障。

（2）ECM 故障或 ECM 中的发动机制动特性与参数调整不当。

（3）整车上 VSS 车速信号，离合器开关、油门怠速确认开关、发动机转速信号错误。

（4）环境温度过低，车辆刚发动时，机油黏度大、流动性差，康明斯皆可博发动机主从动活塞之间的油道充油速度过慢。

（5）机油脏污，造成皆可博发动机电磁阀上进油通道滤网堵塞，使压力机油不能够顺利进入。

（6）检查和调整不当，皆可博间隙不合适。

（7）油脏造成单向阀关闭不严。

**2. JakeBrake 部分工作**

（1）润滑油温度过低或黏度太大，使机油流动性变差。

（2）机油压力过低。

（3）皆可博间隙调整不适当。

（4）电磁阀的密封圈损坏，导致机油泄漏。

（5）润滑油里有空气。观察控制阀出来的机油是否有泡沫，如果有，检查一下机油油位。

**3. JakeBrake 一直工作**

（1）JakeBrake 的线路故障。

（2）电磁阀一直处于打开的位置。检查电磁阀，如有必要更换电磁阀。



## 你学会了吗?

1. 发动机制动器开启的条件有哪些?
2. 皆可博发动机制动器失效的原因有哪些?

# 第九章

# 共轨柴油机燃油系统故障诊断入门

## 第 40 天　高压共轨燃油系统概述

**学习目标**

1. 掌握高压共轨燃油系统结构原理
2. 掌握高压共轨燃油系统维修注意事项

**基础知识**

**1. 高压共轨燃油系统主要特点**

高压共轨系统利用较大容积的共轨管将油泵输出的高压燃油储存起来、消除燃油的压力波动，然后再将高压燃油输送到各缸喷油器。喷油器的喷油受 ECU 控制，ECU 通过控制喷油器上的电磁阀实现对喷油时刻和喷油量的控制。其主要特点如下：

① 共轨系统将燃油压力产生和燃油喷射分离开来。共轨管内的高压直接用于喷射，而且共轨腔内是持续高压。此高压是可以根据发动机工况进行设置且不断变化的。ECU 通过高压油泵上的压力调节电磁阀（即 EFC 阀），可以根据发动机负荷状况以及经济性和排放性的要求对共轨腔内的油压进行灵活调节，优化了发动机的性能。

② 通过对喷油器上的电磁阀控制，可以实现多次喷射，优化发动机燃烧。预喷射在主喷射之前，将小部分燃油喷入气缸，在缸内发生预混合或者部分燃烧，缩短主喷射的着火延迟期。这使缸内压力升高率和峰值压力都会下降，发动机工作比较柔和，同时缸内温度降低使得 $NO_X$ 排放减小。预喷射还可以降低失火的可能性，改善高压共轨系统的冷起动性能。主喷射初期降低喷射速率，也可以减少着火延迟期内喷入气缸内的油量。提高主喷射中期的喷射速率，可以缩短喷射时间从而缩短缓燃期，使燃烧在发动机最佳的曲轴转角范围内完成，提高输出功率，减少燃油消耗，降低碳烟排放。主喷射末期快速断油可以减少不完全燃烧的燃油，降低烟度和碳氢排放。

③ 喷油器喷油量取决于通电时间和共轨压力。

④ 高压共轨燃油系统的结构特点，更便于维修。

目前世界上主要有三大公司在研发和生产柴油机高压共轨系统，分别是日本电装、德国博世和美国德尔福。

**2. 共轨燃油系统工作原理**

（1）系统流程　燃油系统由油泵、共轨管、喷油器、粗滤器、精滤器和燃油箱等组成。下面以 BOSCHEDC7 共轨系统为例，介绍燃油系统流程（图 9-1）。

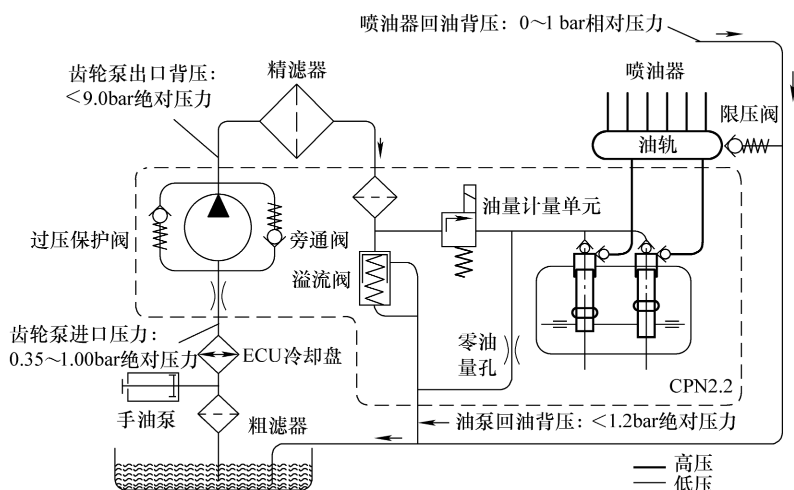



**图 9-1　BOSCHEDC7 共轨燃油系统流程图**

高压油泵之前的低压油路，负责为燃油建立初级压力、实现为高压油泵供油。低压油路供油路线：燃油箱→粗滤器→电控单元→供油泵→精滤器→高压油泵。燃油经过电控单元，目的是为其散热。

在高压油泵上的两根高压油管负责将高压燃油输送到共轨管，共轨管有高压油管和各缸喷油器相连接。这部分油路经过了二次加压，油压较高，故称之为高压油路。

燃油由燃油箱内被吸出，经两级加压、两级过滤后进入共轨管内储存，共轨管内燃油压力最高可达 160MPa。当喷油器受 ECU 控制打开，高压燃油直接喷入燃烧室内，燃烧做功。

在整个油路中，还有一类油路负责将多余燃油导入燃油箱，故称之为回油油路。溢油阀、限压阀和喷油器 3 个方面的回油汇合到一起，构成系统的回油油路。与高压油泵上的溢流阀相连的回油管路，为低压油路的多余燃油提供回路通道。当低压油路压力超过一定限值时，溢流阀会打开，低压油路的油压便得到了控制。当高压出现异常、压力过高时，装于共轨管上的限压阀打开，将多余高压燃油导入到回油管路。在每个缸喷油器上都装有回油管，这些回油管在发动机正常工作时也会有少量回流。

（2）轨压控制原理　BOSCHEDC7 共轨系统构成如图 9-2 所示。ECU 通过共轨管上的轨压传感器检测高压燃油压力，然后与设定值进行比较。当实测轨压低于设定值时，

ECU 控制油量计量单元、使其开度增大，高压油泵进油量随即增加，轨压随之上升；当实测轨压高于设定值时，ECU 控制油量计量单元、使其开度减小，高压油泵进油量随即减小，轨压随之下降；如果当实测轨压等于设定值时，ECU 保持油量计量单元开度不变。

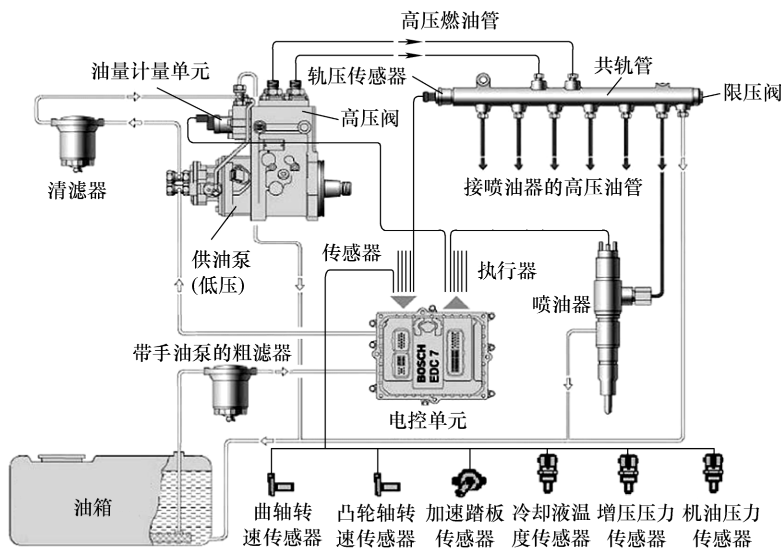



**图 9-2　BOSCHEDC7 共轨系统**

ECU 根据不断变化的发动机工况，计算每一瞬间的设定轨压值，然后通过 EFC 阀对轨压进行闭环控制。轨压控制原理如图 9-3 所示。

（3）燃油喷射控制原理　喷射量计算主要依据是加速踏板信号，同时要参考发动机转速、负荷（进气量）等信息。喷油量还要依据进气温度、进气压力、冷却液温度等信号进行修正。依据算得的喷油量和当前实际轨压，ECU 最终可以计算出喷油器每循环通电时间。

喷油时刻计算主要依据发动机转速和负荷（加速踏板信号、进气量）信息，也要依据进气温度、冷却液温度等信号进行修正。

**3. 共轨燃油系统主要元件**

（1）高压油泵　共轨柴油机燃油泵将高压油泵和供油泵集成为一个整体，如图 9-4 是用于中型和重型柴油机的 BOSCH 燃油泵。CP3. 3 高压油泵，由齿轮驱动旋转，泵内有 3 个成辐射状安装、互隔 120°的柱塞。驱动轴每转 1 转高压油泵有 3 次供油。CP3. 3 高压油泵由燃油直接润滑。

CP2. 2 泵内有两个直列柱塞，驱动轴每转 1 转，每个直列柱塞有 3 次供油，因此，CP2. 2 高压油泵同 CP3. 3 高压油泵相比，供油量更大，因此，适用于重型系列柴油机。CP2. 2 由发动机润滑系润滑。

（2）共轨管　共轨管有较大容积，其作用是存储高压燃油，抑制因油泵供油和喷油

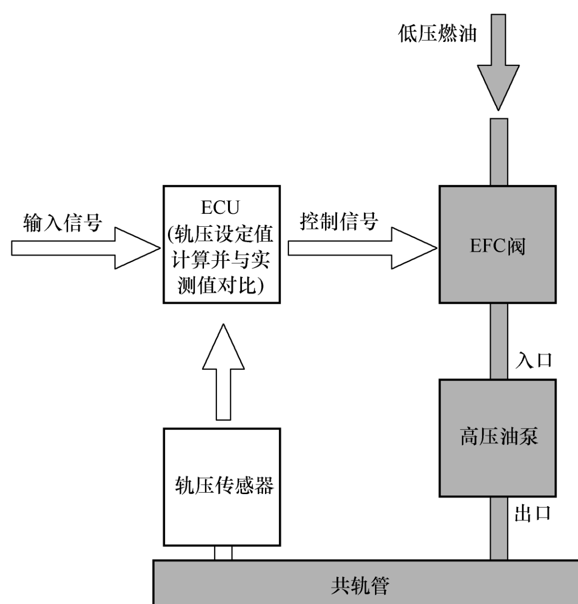



**图 9-3　油轨压力的闭环控制**

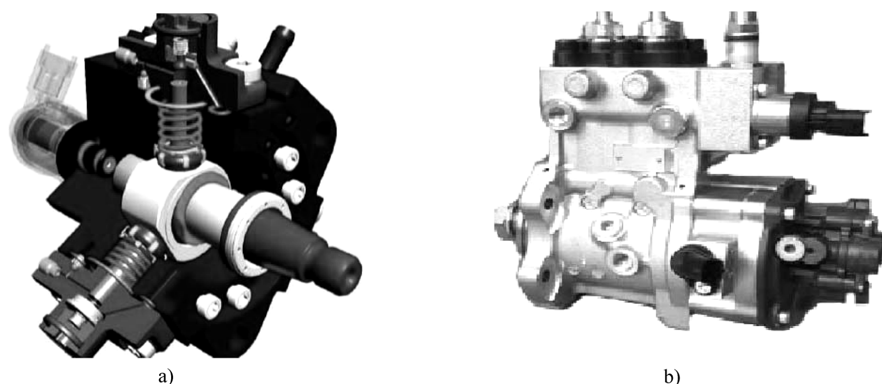



**图 9-4　不同类型的 BOSCH 油泵**

a）用于中型柴油机的 CP3. 3 高压泵　b）用于重型柴油机的 CP2. 2 油泵

而产生的油压波动。限压阀装于共轨管的一端，轨压失控、过高时，限压阀打开，进行泄压。共轨管上还装有压力传感器。共轨管与限压阀如图 9-5 所示。

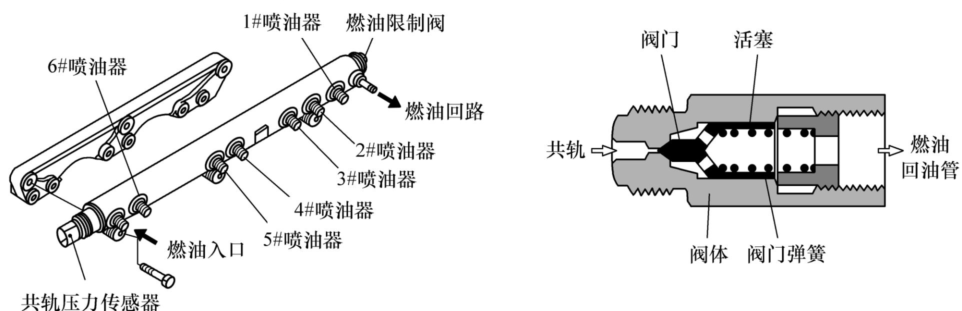



**图 9-5　共轨管与限压阀**

（3）油量计量单元（EFC 阀） 油量计量单元安装于高压油泵入口，其开度受控于 ECU。EFC 阀多设计为常开阀，断电时打开，通电时关闭，其控制信号为 PWM 信号。PWM 信号占空比改变，即可改变其通电电流。EFC 阀开度和通电电流成反比。BOSCHEDC7 共轨系统 EFC 阀结构如图 9-6 所示。

（4）喷油器 喷油器上集成有电磁阀。电磁阀通电时，喷油器打开、喷油；电磁阀断电时，喷油器关闭。BOSCHEDC7 喷油器结构如图 9-7 所示。



图 9-6 BOSCHEDC7 共轨系统 EFC 阀

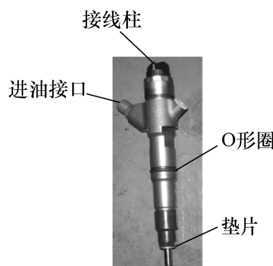



图 9-7 BOSCHEDC7 喷油器结构

**4. 高压共轨系统的维修注意事项**

系统对燃油有非常高的要求，燃油如果不能保证清洁度、达不到国标要求，非常容易导致油水分离器堵塞，严重的情况下可能会出现输油泵的工作能力下降和油泵柱塞卡死的故障。因此使用符合国标要求的燃油，对保障共轨系统正常工作至关重要。

系统一般使用 5μm 燃油精滤器，在保养过程中不可用低等级滤清器替代。由于共轨系统有较高的喷油压力（如 BOSCHEDC17 系统最高喷射压力可达 1600bar），因此喷油器喷孔更小、针阀偶件更精密，维修时必须保证绝对的清洁度。燃油系统拆装作业时，应徒手操作，不可戴手套。拆卸油管前首先要对油管接头进行清洁作业；拆卸后开放的油孔，应使用专用封堵封闭、防止污染物进入。

柴油机运转时，决不可松开高压油管。否则可能会射穿肉体，造成人身伤害。



**你学会了吗?**

1. ECU 是如何实现对轨压控制的？回油管回油都由哪几部分组成？
2. 维修高压共轨燃油系统应注意些什么？

## 第 41 天 共轨柴油机燃油系统保养与检测



**学习目标**

1. 掌握燃油系统保养作业技能
2. 掌握燃油系统主要检测内容及操作技能

## 一、燃油系统保养

**提示**：定期更换燃油滤清器，做好燃油系统维护、保证燃油清洁，对保障燃油系统使用寿命至关重要。在更换滤清器后，或拆卸燃油管路后，要及时排除系统内的空气。空气进入燃油系统能够导致发动机无法起动。

**1. 燃油系统的排气**

① 在停机的条件下，松开燃油滤清器座上的放气螺钉，如图 9-8 所示。

② 反复按压手油泵，当燃油从放气螺塞排出、不再有空气排除时，将放气螺钉拧紧即可。

**2. 集水器排水**

当集水器充满了水，则需要将收集到的水放出，以防结冻影响供油。水进入油泵、喷油器也会导致其损坏。排水在停机条件下进行。油水分离器底部有放水螺塞，松开放水螺塞即可将水排出，水排净后将其拧紧即可。




图 9-8　带手油泵的燃油粗滤器

## 二、燃油系统检测

**提示**：高压油泵测试及喷油器回油量测试、共轨管泄压阀泄漏测试，在排除轨压异常故障时，经常被采用，以便尽快确认故障点。

**1. 喷油器的回油量检测**

（1）潍柴 WP10/12 共轨柴油机喷油器回油测试　正常情况下喷油器回油量是很少的。检查回油量，便于发现损坏的喷油器。检查时先断开各缸喷油器回油管，用起动机拖动发动机运转，检查各缸回油量。如果发现某一缸回油量明显高于其他缸，说明该缸喷油器有故障，应重点检查高压接头与喷油器锥孔之间密封情况，必要时更换高压接头。如果更换高压接头后回油量仍然高，就说明喷油器内漏严重，应更换喷油器。BOSCH EDC7 系统喷油器结构如图 9-9 所示。

（2）康明斯 ISLeCM2150 燃油系统喷油器回油测试

① 拆下喷油器回油管路 M12 空心螺栓。

② 安装回油测试专用工具，并将燃油导向一个带刻度的容器。

③ 起动发动机并怠速运行，直到燃油从回油管路中流出，连接 INSITE（服务软件）并运行高压燃油系统泄漏诊断测试，直到共轨内燃油压力上升到 1500bar 开始计算回油量。技术规范：45s 最大回油量为 300mL。

发动机无法起动时，拖动发动机 30s，回油量技术规范为 30s 最大回油量为 100mL。

如果喷油器回油量超出了测量技术规范，应该使用专用断缸工具进行断缸测试，以找出泄漏的喷油器。依次断开共轨管至各缸喷油器的高压供油管，将断缸堵安装在高压油轨上，并按照规定力矩拧紧，依次进行喷油器回油量测试，记录断开各缸时，收集到的喷油器回油量（图 9-10）。如果断开某一缸后，喷油器的回油量满足了技术规范，证明该缸喷油器有故

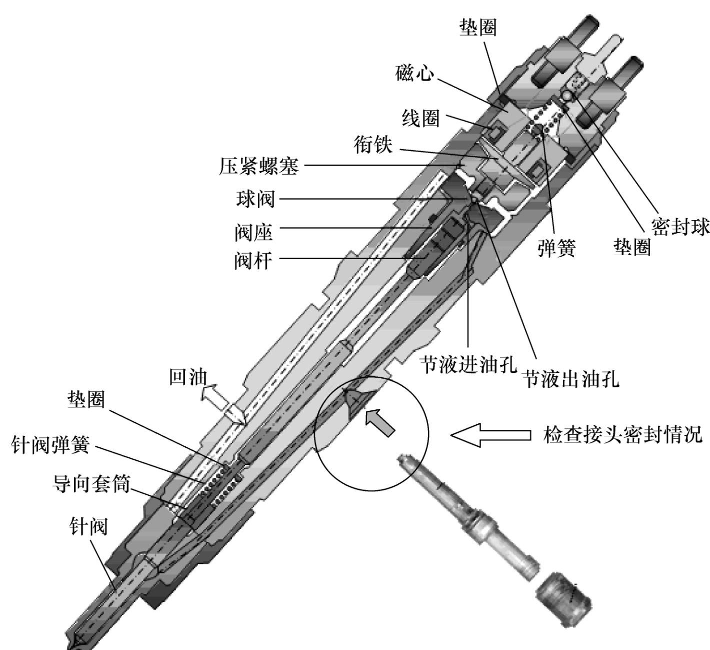



图 9-9　喷油器进油口密封性检查

障。需要更换该缸喷油器和高压连接管。

**2. 高压油泵检测**

（1）潍柴 WP10/12 共轨柴油机高压油泵测试　高压油泵磨损、损坏会导致轨压不能有效建立。检查高压油泵时，首先要断开高压油泵的两根出油管，然后用起动机拖动发动机运转，观察油泵出油情况，出油孔喷出的油柱可以达到 2～4cm 为正常，明显低于 2cm，说明泵已经损坏，应换新件（如图 9-11 所示）。

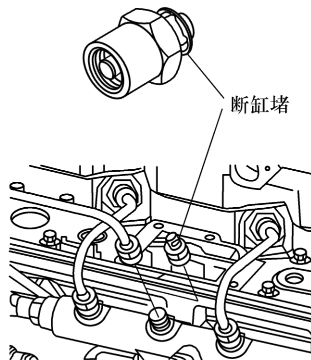



图 9-10　断缸堵的安装

**提示：**此项检查只有在确认低压油路正常的情况下，方可进行。

（2）康明斯 ISLeCM2150 燃油系统高压油泵测试

① 回油量测试。拆下燃油回油歧管上中间位置的燃油泵头回油管路空心安装螺栓，安装回油测试专用工具，并将燃油导向一个带刻度的容器。不同的测试条件下，技术规范见表 9-1。

超出任何一个技术规范，必须更换高压泵头。

② 高压燃油泵泵油测试。发动机无法起动时，拆下共轨管上连接高压油泵油管的连接接头，连接一个燃油管将燃油导入一个带刻度的容器。接通钥匙开关使电子输油泵运转 30s 之后，拖动发动机直到燃油流出燃油管，开始计算出口燃油量。技术规范：30s 收集到的燃油量必须超过 150mL。

**3. 康明斯 ISLeCM2150 燃油系统共轨管泄压阀检测**

① 拆下燃油回油歧管上燃油油轨减压阀回油管路 M12 空心螺栓，安装回油测试专用工

具、将燃油导向一个带刻度的容器。

② 发动机怠速运行时，不允许燃油油轨减压阀有任何的泄漏量。

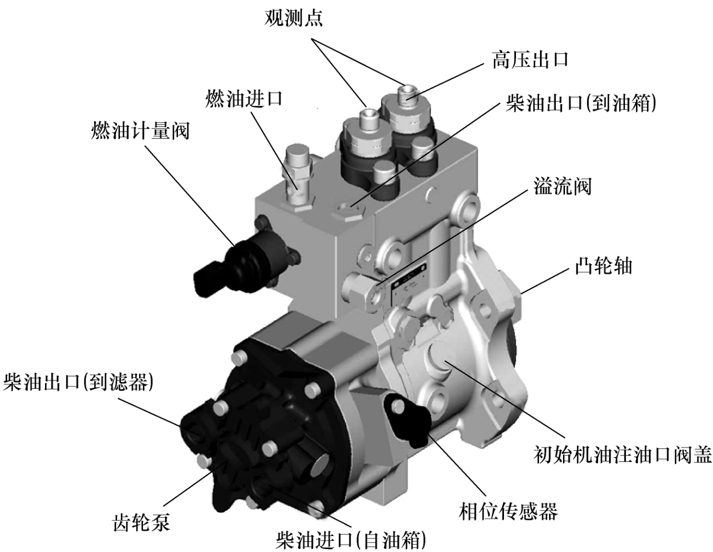



**图 9-11　高压油泵性能检查**

**表 9-1　ISLeCM2150 燃油系统高压油泵回油测试规范**

| | 测试条件 | 操 作 方 法 | 回油量规范 |
|---|---|---|---|
| 1 | 拖动 | 接通钥匙开关使电子输油泵运转 30s 之后，拖动发动机直到燃油流出燃油回油管路，开始计算燃油回油量。 | 200mL/30s |
| 2 | 运行测试 | 连接 INSITE，运行高压燃油系统泄漏诊断测试，当共轨压力上升到 1500bar 左右时开始计算燃油回油量。 | 300mL/30s |

③ 连接 INSITE，并运行高压燃油系统泄漏诊断测试，泄漏技术规范为每分钟燃油泄漏量必须少于 30 滴。



## 你学会了吗?

1. 如何排出低压油路的空气?
2. 如何排出油水分离器中的水?
3. 如何进行康明斯 ISLeCM2150 燃油系统喷油器回油测试?

# 第 42 天　轨压传感器故障诊断入门

**学习目标**

1. 掌握轨压传感器的结构和工作原理
2. 掌握轨压传感器故障诊断方法

**基础知识**

## 一、轨压传感器的作用

测量共轨管中的燃油压力，为 ECU 提供轨压信号。轨压传感器信号是 ECU 实现对轨压调控的前提条件之一。轨压传感器的结构如图 9-12 所示。轨压传感器失效后，PRV 阀（共轨减压阀）打开、回油升温，发动机进入跛行回家工作模式。

## 二、工作原理

传感器皮膜上的传感器元件将高压管道内的压力变化转化成电压信号输送到 ECU。BOSCHEDC7 电控系统的轨压传感器电路如图 9-13 所示。轨压传感器共有 3 个端子，即电源线、信号线和回路线。轨压信号范围为 0.5 ~ 4.5V。接通点火开关信号电压为 0.5V，怠速为 1.2 ~ 1.5V（340 ~ 450bar）。该传感器一旦损坏，按设定值替代工作，发动机就会进入跛行回家模式，转速限定在 1500r/min 以内。

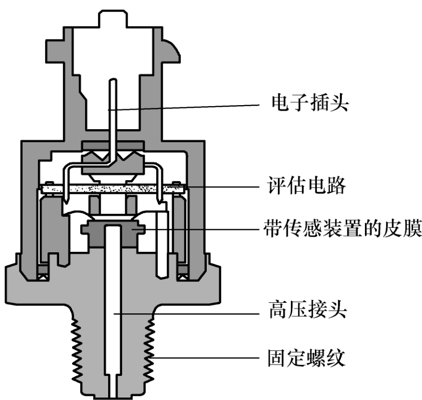



图 9-12　轨压传感器

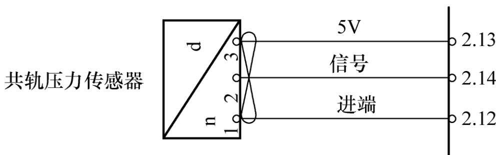



图 9-13　BOSCHEDC7 电控系统的轨压传感器电路

**提示**：轨压传感器信号是重要的电控信号，如果信号失准或丢失，发动机工作会受到影响，甚至不着火。



**维修案例**

## 一、信号电压过高故障

**1. 故障原因**

① 电源线开路或对地短路

② 回路线开路。

③ 信号线开路或对高压电源短路。

④ 传感器损坏。

⑤ ECU 损坏。

**2. 响应测试**

① 断开传感器插接器，用导线短接信号线和回路线，打开点火开关，读取故障码。如果信号电压过高故障变为历史故障，而信号电压过低故障变为当前故障，则说明传感器损坏；如果信号电压过高故障仍为当前故障，则说明线束和 ECU 存在故障。

**提示：**断开插接器、进行测试前，应先检查触针是否损坏、松动、接触不良。

② 断开 ECU 传感器线束插接器，用导线短接 2. 12 和 2. 14 触针，打开点火开关，读取故障码。如果信号电压过高故障变为历史故障，而信号电压过低故障变为当前故障，则说明 ECU 响应正常，故障一定在线束。

**提示：**断开 ECU 传感器线束插接器、进行测试前，应先检查触针是否损坏、松动、接触不良。

**3. 万用表测试**

① 断开传感器插接器，打开点火开关，检测 5V 电源线与回路线间电压，如果为 5V ±0. 25V，说明供电正常，接着应检查信号线是否开路或对 5V 电源线短路。

② 如果电源电压低于规范值，需检测电源线与搭铁间电压，如果为 5V ±0. 25V，说明回路线开路；电源电压仍低于规范值，需检测电源线是否开路或搭铁。

## 二、信号电压过低故障

**1. 故障原因**

① 信号线搭铁或对回路线短路。

② 传感器损坏。

③ ECU 损坏。

**2. 响应测试**

① 断开传感器插接器，打开点火开关，读取故障码。如果信号电压过低故障变为历史故障，而信号电压过高故障变为当前故障，则说明传感器损坏；如果信号电压过低故障仍为当前故障，则说明线束和 ECU 存在故障。

**提示：**断开插接器、进行测试前，应先检查触针是否损坏、松动、接触不良。

② 断开 ECU 传感器线束插接器，打开点火开关，读取故障码。如果信号电压过低故障变为历史故障，而信号电压过高故障变为当前故障，则说明 ECU 响应正常，故障一定在线束。

**提示**：断开 ECU 传感器线束插接器、进行测试前，应先检查触针是否损坏、松动、接触不良。

**3. 万用表测试**

① 断开传感器插接器，打开点火开关，检测 5V 电源线与回路线间电压，如果为 5V ±0.25V，说明供电正常，接着应检查信号线搭铁或对回路线短路。

② 如果电源电压低于规范值，需检测电源线是否开路或对搭铁短路。

**4. 故障案例**

**故障案例 1**

**故障现象**：一台潍柴共轨柴油机，发动机运转正常，但不着车。

**故障排除**：通过数据流监测轨压正常。断开油量计量单元插接器，起动发动机，能够完成起动（限速 1500r/min，跛行回家）。更换油量计量单元，不见好转，仍是在断开油量计量单元插接器的情况下才能起动发动机。更换轨压传感器后，故障排除。

**提示**：轨压传感器失准，但信号电压并没有超出限值时，ECU 并不能报出故障码。当轨压传感器提供的轨压信号“虚高”时，实际轨压就会偏低，甚至于无法正常起动发动机。

**故障案例 2**

**故障现象**：潍柴共轨 WP10 柴油机，柴油机起动后首次踩油门能达到额定转速，之后发动机最高转速只能达到 1500r/min，闪码灯亮。读取闪码为 134——共轨限压阀打开。

**故障排除**：通过数据流监测，在起动后的几秒内实际轨压大于设定轨压。检查回油管路不畅通、发现油箱内回油管堵塞。更换回油管后，故障排除。

**提示**：轨压过高的主要原因有回油不畅、油量计量单元故障等。发动机稳定工况运转时，实际轨压与设定轨压间差值不应大于 100kPa。



**你学会了吗?**

1. 潍柴共轨柴油机（EDC7）怠速运转时，轨压传感器信号电压是多少?
2. 轨压过高常见原因有哪些?

# 第 43 天　油量计量单元故障诊断入门



**学习目标**

1. 掌握轨压控制原理
2. 掌握油量计量单元的检测方法



基础知识

## 一、油量计量单元结构

安装在高压油泵进油管路上的油量计量单元，其开度受 ECU 控制，可以调节，从而控制高压泵的进油量，实现对轨压的动态调节。油量计量单元出现故障时，发动机将会限制在 1500r/min 以内运行。

BOSCHEDC7 共轨系统的油量计量单元电阻值为 2.6～3.4Ω。如图 9-14 所示，当油量计量单元断电时，阀门是打开的；如图 9-15 所示当油量计量单元通电时，阀门是关闭的。油量计量单元由 PWM 信号控制。

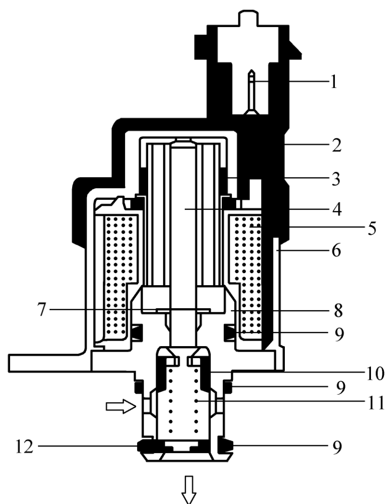



**图 9-14　油量计量单元断电打开**

1—插头　2—电磁阀壳体　3—衬套　4—挺杆
5—线圈　6—外壳　7—垫片　8—阀芯
9—O 形圈　10—柱塞　11—弹簧　12—卡环

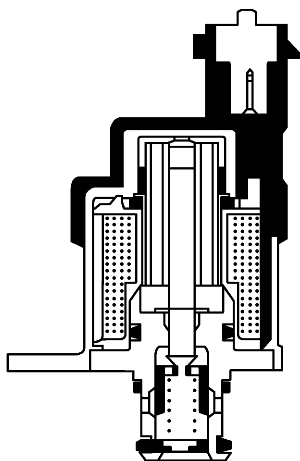


**图 9-15　油量计量单元通电关闭**

## 二、油量计量单元的控制原理

油量计量单元受 PWM 信号控制，其控制方式可分为低控（控制搭铁）和高控（控制电源）两种。

### 1. BOSCHEDC17 共轨系统的油量计量单元控制电路

BOSCHEDC17 共轨系统的油量计量单元采用低控方式，其电路如图 9-16 所示。ECU/A04 针脚为 ECU 提供 24V 电源，ECU/A05 针脚为控制端。当控制端的 PWM 信号占空比（高电位占整个周期的百分比）改变时，ECU/A05 针脚的平均电压就会随之变化。由于 PWM 信号高电位为 24V（开关晶体管截止），低电位约为 0V（开关晶体管导通），这就使得 ECU/A05 针脚的平均电压可在 0～24V 间变化。控制信号占空比提高时，ECU/A05 针脚的平均电压也随之提高，油量计量单元两端电压差减小、通电电流减小；控制信号占空比降低时，ECU/A05 针脚的平均电压也随之降低，油量计量单元两端电压差

增大、通电电流增大。油量计量单元的开度与通电电流成反比，PWM 信号占空比的改变，就可以改变油量计量单元的通电电流和开度。

当实际轨压大于设定轨压时，ECU 降低 PWM 信号占空比，提高油量计量单元通电电流，减小其开度，直到实际轨压等于设定轨压时，PWM 信号占空比不再改变；当实际轨压小于设定轨压时，ECU 提高 PWM 信号占空比，减小油量计量单元通电电流，增大其开度，直到实际轨压等于设定轨压时，PWM 信号占空比不再改变。当发动机工况变化后，以上平衡被打破，新的调节重新开始。

**2. 康明斯 ISF 柴油机燃油泵执行器电路**

康明斯 ISF 柴油机燃油泵执行器电路如图 9-17 所示。ECU 通过控制开关晶体管 Q1 的导通和截止，从而控制燃油泵执行器的电源供给，这种控制电源的方式为高控方式。

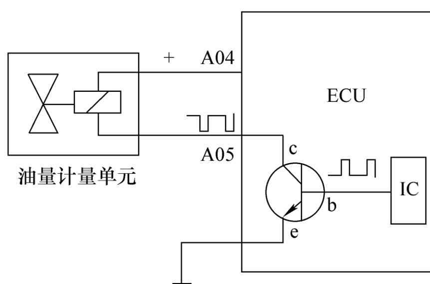



**图 9-16　BOSCHEDC17 共轨系统油量计量单元电路**

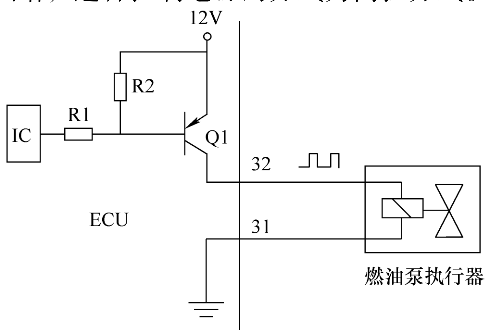



**图 9-17　康明斯 ISF 柴油机燃油泵执行器电路**

## 三、油量计量单元的检测

**潍柴共轨柴油机燃油计量单元检测**

① 油量计量阀的电阻值为 2.6～3.15Ω。

② 断开插接器，打开点火开关，检测 A05 针脚搭铁电压应 2.91～3.91V，检测 A04 针脚搭铁电压应为蓄电池电压。



**维修案例**

**故障案例**

**故障现象**：配备潍柴 WP12（EDC7 系统）共轨柴油机的陕汽重卡，运行中出现发动机限速 1500 转，闪码灯点亮。

**故障排除**：读闪码为 134——共轨限压阀打开。检查油路，低压油路无异常。用诊断仪检测轨压，发动机着火后，轨压迅速升到 1800bar，然后降到 760bar。说明轨压过高导致共轨管限压阀打开。检查流量计量单元，发现阀门卡死在常开位置。更换流量计量单元，清理油路后，故障排除。

**提示**：计量单元机械故障，使得计量单元不再受 ECU 控制、常开，进入高压油泵燃油量过多而使轨压失控。由于是机械性故障，ECU 无法报出计量单元故障。



**你学会了吗?**

1. 潍柴共轨柴油机（EDC7 系统），油量计量单元如何检测?

2. EDC7 共轨系统的油量计量单元通电电流最大值为 1. 8A，如果通过数据流检测其电流过大，可能的原因是什么?

# 第 44 天　轨压异常故障诊断入门



**学习目标**

1. 掌握轨压过低故障原因及故障诊断、排除方法
2. 掌握轨压过高故障原因及故障诊断、排除方法



**基础知识**

## 一、轨压过低故障分析

轨压过低主要表现为实际轨压低于设定轨压。轨压偏低时，直接导致喷油量不足、燃油雾化不良，发动机动力性和经济性均会受到影响。当轨压严重偏低时，甚至无法起动发动机。如图 9-18 所示以康明斯 ISF3. 8 发动机燃油系统为例，分析轨压过低的常见原因。

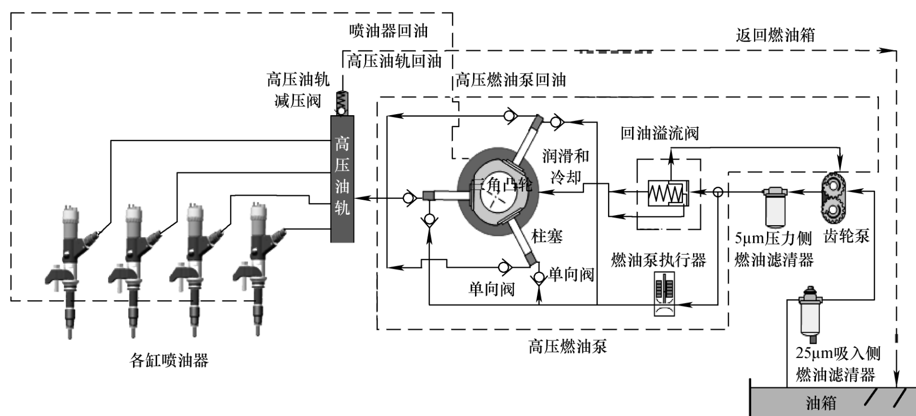



图 9-18　康明斯 ISF3. 8 发动机燃油系统

轨压偏低的主要原因有高压油泵故障、低压供油偏少（低压燃油压力低、油量计量单元故障、轨压传感器信号失准）、高压油路泄漏等几个方面。

1）高压油泵故障。如高压油泵柱塞磨损、进油单向阀和出油单向阀关闭不严等。

2）油量计量单元故障。如计量单元柱塞卡滞不能有效打开；计量单元线路故障。

3）轨压传感器提供的信号电压偏高。

4）低压油路燃油压力低。导致低压油路压力低的具体原因如下：

① 齿轮泵磨损，致使油泵内漏增加。

② 溢流阀泄漏或弹簧弹力过小，打开过早。

③ 压力侧燃油滤清器堵塞，管路堵塞或漏油。

④ 吸入侧燃油滤清器堵塞，管路堵塞或漏气；燃油箱液位低、致使油路进气。

⑤ 低温环境下，燃油标号偏低，燃油流动性变差。

5）高压油路泄漏。高压油路泄漏，常见的是内漏。如油轨减压阀泄漏；喷油器泄漏导致的喷油器回油量增大；高压油泵柱塞磨损所致的回油量增加等。

轨压偏低通过监测数据流中实际轨压低于设定轨压得以确认。为确定故障原因可以对低压油路压力和高压油路回油进行检测。

## 二、轨压过高故障分析

轨压过高是指实际轨压高于设定轨压的现象。其主要原因如下：

1）回油不畅，如回油管折弯等。

2）燃油泵执行器柱塞卡滞，燃油泵执行器O形圈损坏、泄漏。

3）燃油泵执行器线路故障。



### 维修案例

**故障案例1**

**故障现象**：潍柴WP10共轨柴油机，用起动机多次带动柴油机均无法起动，排除油路内空气，可以顺利起动；但熄火5min后，再次出现起动困难现象，检查发现油路内仍有空气。

**故障排除**：经对低压油路部件逐一检查，发现燃油粗滤器进油口螺纹处有损伤，空气进入油路，从而导致柴油机无法正常起动。更换燃油粗滤器后故障排除。

**故障案例2**

**故障现象**：潍柴WP10共轨柴油机，起动机正常运转，无法起动。

**故障排除**：检查低压油路发现油管内燃油结蜡，造成燃油失去流动性，堵塞了油路和滤芯。经确认油箱内燃油为－10号柴油，不能满足当地最低环境温度－30℃的使用条件。更换－35号柴油后，疏通油路，故障排除。

**故障案例3**

**故障现象**：潍柴WP7共轨柴油机，起动时，电动机运转正常，柴油机正常转动、但无法起动。

**故障排除**：检测低压油路油压正常。断开高压油泵出油管，用电动机拖动发动机，检查高压油泵的出油可达5cm，说明高压油泵正常。将各缸喷油器回油管依次松开，观察喷油器的回油量。经对比观察发现，第三缸喷油器回油量很大，其他各缸的喷油器都基本没有回油。更换第三缸喷油器后，发动机工作正常。

**故障案例4**

**故障现象**：配装玉柴J61DA共轨柴油机的客车，运行中出现发动机无力和加油不畅的情况，而且熄火后不能起动。

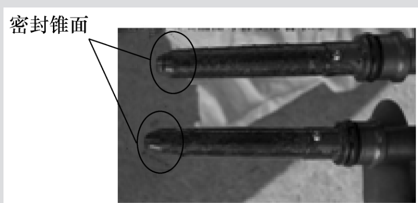



图9-19　高压连接管

**故障排除**：检查ECU供电情况，能够顺利连上诊断仪，说明ECU供电正常。拖动时，监测轨压为0。检查低压油路未见异常。检查高压油路的回油情况，发现第二、第五缸喷油器明显回油。拆检回油的喷油器，发现喷油器与高压连接管（图9-19）间接合锥面密封不严，而产生泄漏。更换高压连接管后，故障排除。

**提示**：每次拆卸喷油器，高压连接管都要更换新件，此处一旦密封不良，会使大量高压燃油泄漏至喷油器回油油路中，导致轨压过低。



**你学会了吗?**

1. 共轨柴油机轨压过低原因有哪些?
2. 高压泄漏的途径有哪些? 如何进行高压泄漏的检测?

## 第45天　喷油器、喷油泵的结构与拆装



**学习目标**

1. 掌握共轨柴油机喷油器、喷油泵的结构原理
2. 掌握共轨柴油机喷油器、喷油泵的拆装要领



**基础知识**

### 一、BOSCHEDC7共轨系统CP2.2燃油泵

CP2.2燃油泵将高压油泵和齿轮泵集成为一体，如图9-20所示。燃油泵上还装有燃油计量阀和凸轮轴位置传感器，因此油泵安装有正时要求。

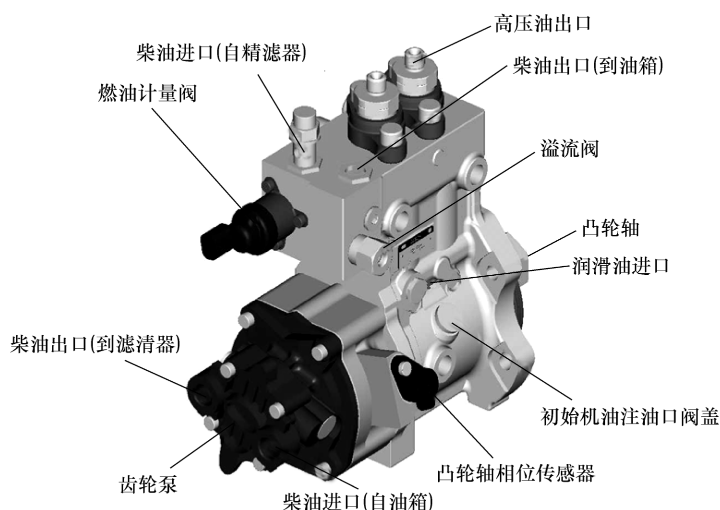



图 9-20　BOSCHEDC7 共轨系统 CP2.2 燃油泵

**1. 齿轮泵**

齿轮泵为燃油建立初级压力，从而完成为高压油泵供油。齿轮泵结构如图 9-21 所示。

**2. 高压油泵**

高压油泵内部结构如图 9-22 所示。它负责向高压共轨管提供高压燃油。高压油泵由凸轮轴、滚轮式挺柱、柱塞、出油接头和燃油计量阀组成。凸轮轴上有相互交错的两个三桃尖凸轮，凸轮轴每旋转一周，两对柱塞往复泵油 6 次。在高压油泵的两只出油接头内装有出油阀，可向共轨管提供高达 160MPa 的高压燃油。

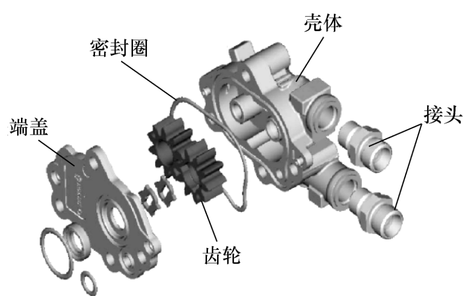



图 9-21　齿轮泵结构

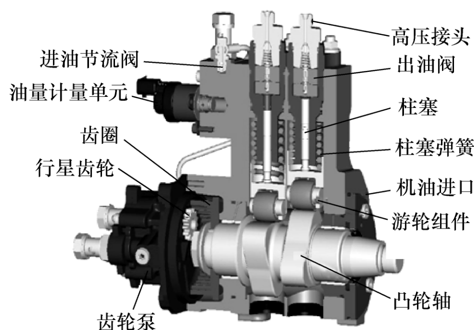



图 9-22　高压油泵内部结构

## 二、BOSCHEDC7 共轨系统喷油器

**1. 喷油器的结构**

喷油器结构如图 9-23 所示。它由针阀（喷油阀）、电磁阀、控制腔、控制阀、进油油道及回油油道组成。

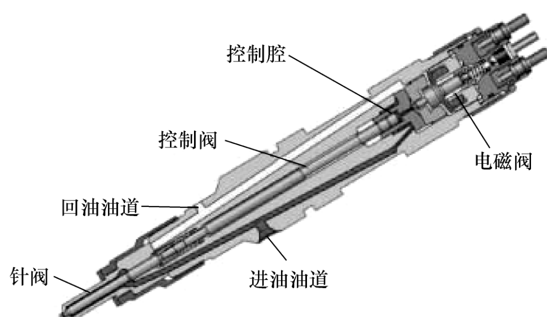


图 9-23　喷油器结构

**2. 喷油器的工作原理**

喷油器的喷油时刻和喷油量控制是通过 ECU 控制电磁阀来实现的。喷油器结构如图 9-24 所示。来自共轨管的高压燃油，经高压油管流入喷油器内部，同时经节流孔流向控制腔。控制腔与燃油回油油路间通道受电磁阀控制。电磁阀通电时此通道打开，断电时球阀将通道（泄油孔）关闭。

电磁阀断电、泄油孔关闭时，控制腔压力与针阀弹簧压力之和大于针阀腔压力，结果，针阀被迫落座、将高压通道与燃烧室隔离、密封（图 9-24）。

当喷油器的电磁阀通电时，泄油孔被打开，这使控制腔的压力迅速下降，结果，控制腔压力与针阀弹簧压力之和小于针阀腔压力，针阀上行打开，燃油经喷孔喷入燃烧室（图 9-25）。

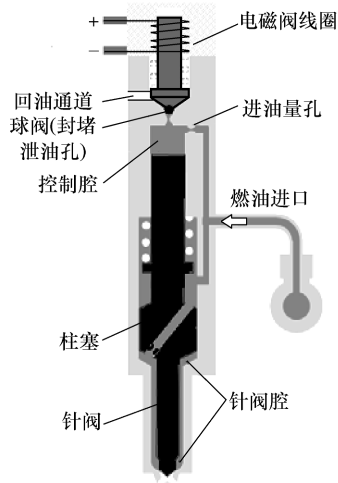


图 9-24　喷油器断电、关闭

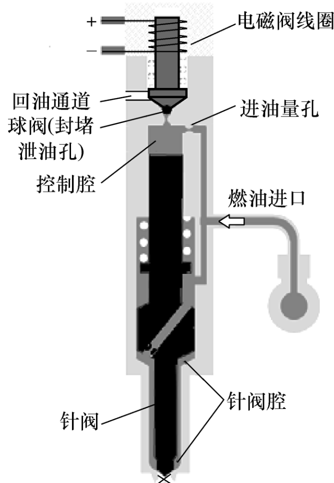


图 9-25　喷油器通电、打开


**实际操作**

## 一、潍柴 WP12 共轨柴油机喷油泵装配

**1. 组装油泵**

将中间法兰和齿轮安装在高压油泵上。

**2. 将 1 号气缸设置在压缩上止点**

操作方法：顺时针转动曲轴，将飞轮的 OT 线对正壳体上的指针，再通过检查气门摇臂，确认为 1 缸压缩上止点（图 9-26）。如果是 6 缸压缩上止点，则盘转曲轴一周。

**3. 高压油泵组件安装**

在安装共轨泵组件时，拆下中间法兰上的 M5 螺钉，然后通过一个 $\phi 4$ 销子插入中间法兰及齿轮上对应的孔中、将泵轴定位。为检查共轨泵的正确位置，在中间法兰的上面加工了一个槽，与此槽相对应，在飞轮壳连接板上设置了一个沉孔。将中间法兰上的槽与飞轮壳连接板上的沉孔对正后，扭紧固定螺栓。最后，拔出销子，并用涂有密封胶的螺钉（M5）封堵销孔（图 9-27）。

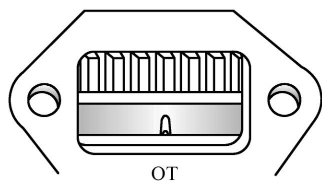



**图 9-26　1（6）缸上止点标记**

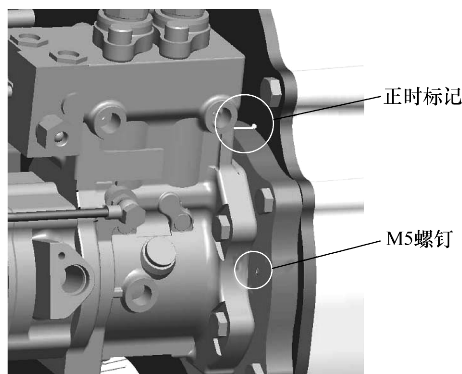



**图 9-27　油泵的安装**

**提示**：油泵正时装错，会导致凸轮轴位置传感器信号失准，影响发动机起动，甚至不着火！

## 二、潍柴 WP12 共轨柴油机喷油器的拆装

**1. 拆卸**

① 断开喷油器油管，拆下高压油管接头（图 9-28）。

② 拆下气门室盖，拆下接线柱的导线，拆下压块螺栓，取下压块。

③ 利用呆扳手转动喷油器，然后将喷油器取出。

**2. 安装**

① 清理喷油器座孔；O 形圈、喷油器密封垫圈和油管接头要更换新件。

② 将喷油器放进缸盖，确保喷油器各个定位正确，并与密封圈正确接触，并用 3N·m 的力矩扭紧喷油器的压块螺栓。

③ 松开喷油器夹紧螺栓，使其对喷油器的轴向力为 0N。并确保喷油器在气缸盖内正确定位。

④ 将高压接头装入缸盖并用 15～20N·m 的力矩预紧高压接头螺母。

⑤ 用 8N·m＋90°扭紧压块螺栓。

⑥ 用 50～55N·m 的力矩扭紧高压接头螺母。

**提示**：高压接头、密封垫圈和O形圈每次拆卸都要换新。高压接头锥面与喷油器之间渗漏，会使喷油器回油过大，影响轨压建立，甚至会导致发动机不着火！

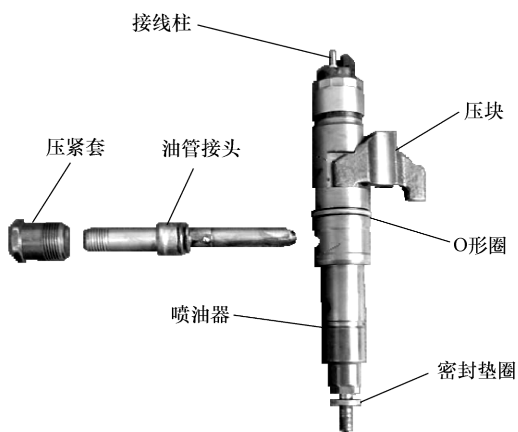



**图9-28　潍柴WP12共轨柴油机喷油器拆装**



## 你学会了吗？

1. 潍柴WP12共轨柴油机高压油泵为何会有正时要求？安装油泵时，如何保证正时正确？

2. 潍柴WP12共轨柴油机喷油器安装步骤是怎样的？安装不当会导致怎样的后果？

# 第十章

# 电控泵喷嘴柴油机检修入门

## 第 46 天　电控泵喷嘴柴油机概述

**学习目标**

1. 掌握电控泵喷嘴柴油机基本结构特点
2. 掌握电控泵喷嘴柴油机工作原理

**基础知识**

### 一、电控泵喷嘴柴油机简介

电控泵喷嘴省去了高压油管，把泵油的柱塞及泵体与喷油器部件集成在一起，在泵体的侧面装有电磁阀。喷油正时和喷油量是由电磁阀的通电时刻和通电时间决定的。电控泵喷嘴柴油机的电控系统是由一组传感器、计算机和执行组件组成。传感器把柴油机工作的环境条件、工况及驾驶人的意图传给计算机，计算机根据这些信息进行计算、控制执行器的工作。电控泵喷嘴柴油机，由于取消了高压油管，所以容易产生更高喷油压力。博世公司生产的柴油轿车用电控泵喷嘴的喷油压力可达 2050bar。由于电控泵喷嘴及驱动装置都安装在气缸盖上，使发动机结构紧凑，并可将低压的进、回油道都设置在气缸盖内。

对每一个泵喷嘴，都有凸轮轴上的一个驱动凸轮。泵喷嘴安装在发动机的气缸盖上，所以要承受非常高的温度，通过相对温度较低的燃油回流使之得到冷却。如图 10-1 是用于商用汽车的泵喷嘴结构。

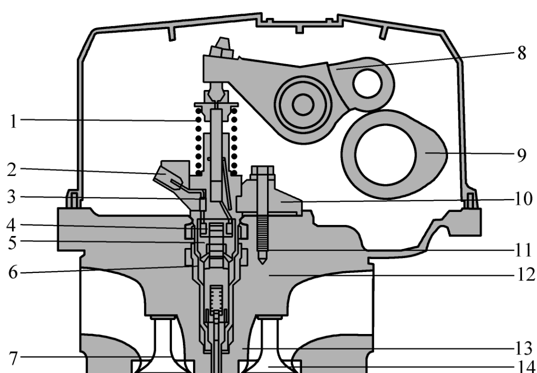



**图 10-1 装于气缸盖上的泵喷嘴**

1—弹簧 2—插接器 3—高压腔 4—电磁线圈 5—电磁阀体 6—电磁阀针 7—喷嘴
8—摇臂 9—推动凸轮 10—压块 11—回油 12—燃油进口 13—螺母 14—气门

## 二、康明斯 ISM 发动机泵喷嘴燃油系统

ISM 电控发动机燃油系统也是采用两级加压方式。燃油泵为低压油路建压，然后将燃油输送到喷油器。高压燃油由喷油器产生，燃油起始喷射压力为 5000psi（1psi = 6.89kPa），最高喷射压力约为 20000psi。ECM 通过控制喷油器电磁阀的通、断电时刻来实现对喷油量和喷油时刻的精确控制。

### 1. 燃油系统流程

如图 10-2 所示，燃油自燃油箱被吸出，经过燃油滤清器去除杂质和水分后流入齿轮泵。齿轮油泵将燃油压力加压到 150psi，压力燃油流经 ECM 散热板，最后进入缸盖中的喷油器供油油道。喷油器的喷油量和喷油正时均受 ECM 控制。喷油器使大多数的燃油回流燃油箱，这便于排除燃油油路中的空气，同时为喷油器散热。

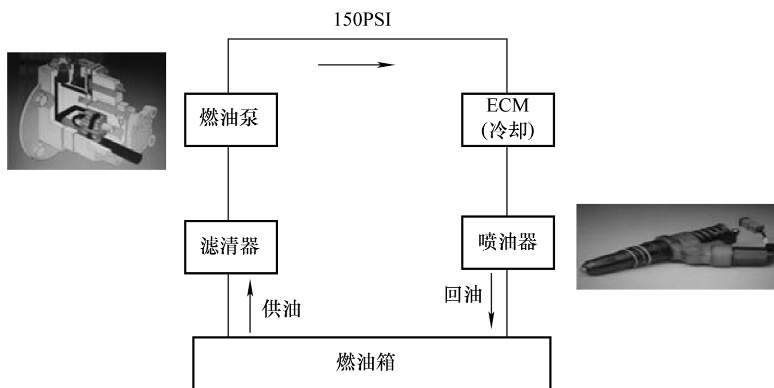



**图 10-2 康明斯 ISM 发动机燃油系统流程**

### 2. 燃油泵

燃油泵的结构如图 10-3 所示。它由齿轮泵、压力调节阀、磁性滤网和断油电磁阀等组成。

来自燃油滤清器的燃油，经燃油入口进入齿轮泵。齿轮泵输出的燃油经过磁性滤网过滤后，至断油电磁阀。当点火开关打开后，断油电磁阀通电，燃油得以经过断油电磁阀，然后由出口流出，为喷油器供油。

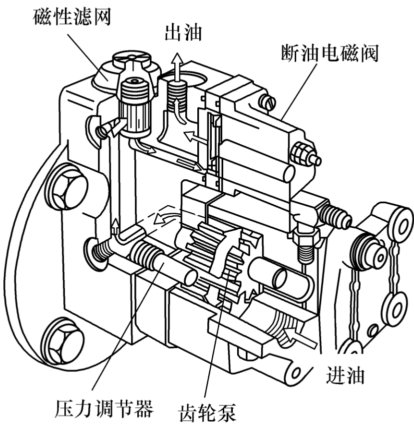



图 10-3　燃油泵

**3. 喷油器**

（1）喷油器的结构　喷油器的结构如图 10-4 所示。喷油器将高压油泵和喷油针阀集成为一体，上部为油泵，下部为针阀。油泵的油腔被计量柱塞一分为二，计量柱塞上部为正时油腔、下部为计量油腔。正时柱塞直接由喷油器摇臂驱动上下往复运动，以使油泵完成吸油和泵油过程。油泵的喷油量和喷油正时均由电磁阀控制。减压阀用于喷油结束时泄压，以保证断油干脆。

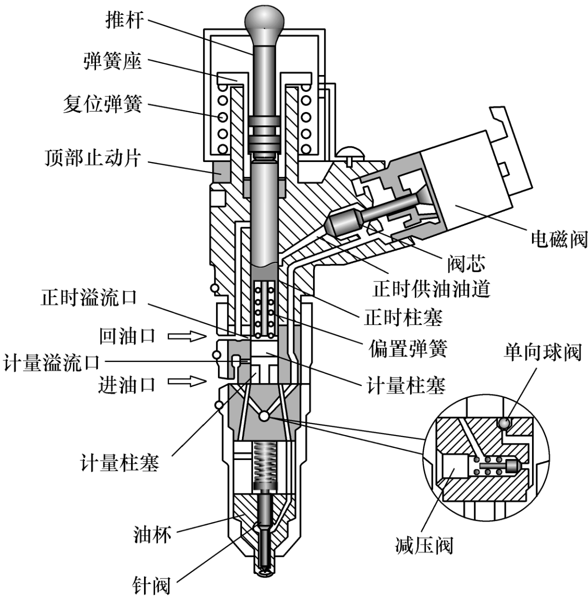



图 10-4　康明斯 ISM 发动机喷油器

（2）喷油器的工作原理　ISM11 发动机喷油器采用全时双脉冲控制。在完成每个循环喷油控制过程中，ECM 为喷油控制电磁阀通、断电各两次。其具体控制过程如下。

① 凸轮顺时针旋转，随动件滚轮与凸轮外基圆相接触时，凸轮通过随动件、推杆将摇臂驱动至逆时针极限位置，此时正时柱塞、计量柱塞均处于其行程的下止点位置。此过程直至随动件滚轮开始由凸轮的外基圆向内基圆回落时才结束。

② 当随动件滚轮自外基圆向内基圆回落，正时柱塞在复位弹簧（图 10-5 中未画出）

的作用下上行、驱动摇臂顺时针转动，推杆下行、保持随动件滚轮与凸轮接触。来自供油管路的燃油经过计量单向阀进入计量柱塞下方的计量油腔，推动计量柱塞上行（图 10-6），使之与正时柱塞保持接触，同步上行。

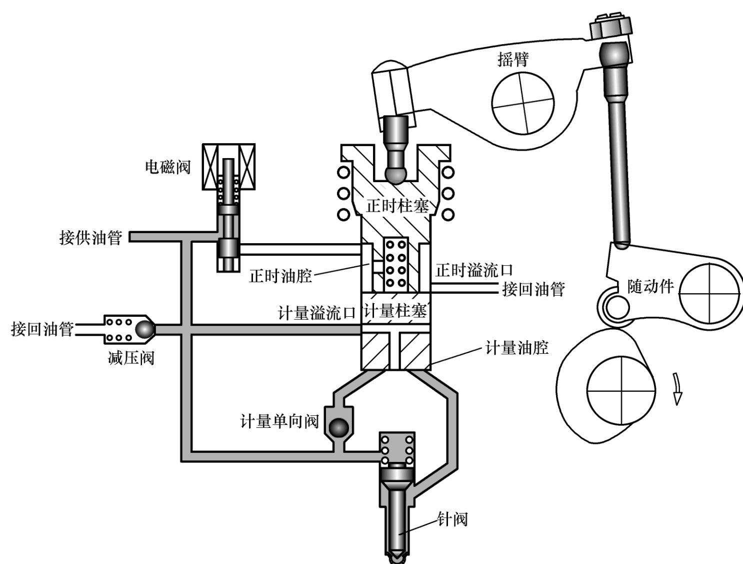



**图 10-5　凸轮旋转到外基圆位置**

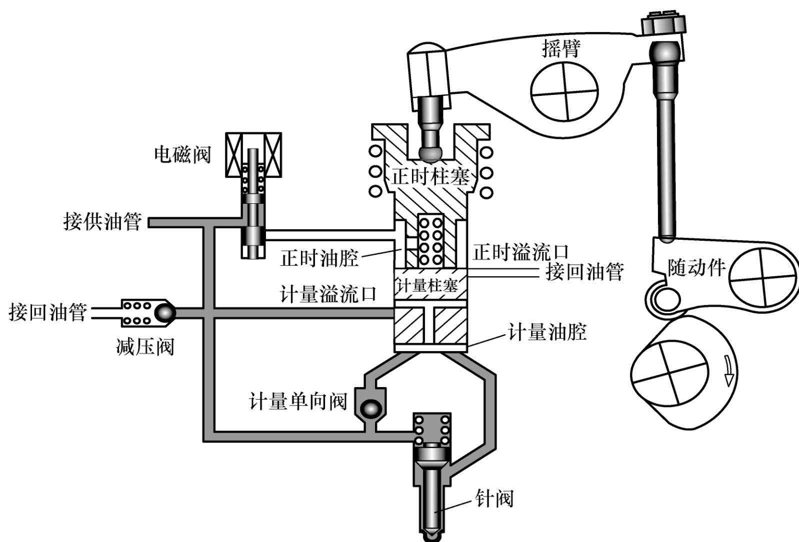



**图 10-6　计量油腔进油**（计量柱塞上行）

③ 当计量柱塞与正时柱塞上行至一定位置时，ECM 控制电磁阀打开，来自供油管路的压力燃油进入正时油腔（图 10-7）。此时的计量柱塞上方受到供油压力和偏置弹簧的共同作用，而下方只受到供油压力作用，计量柱塞上方受力大于下方受力，计量柱塞欲下行，这时计量油腔压力迅速增长、计量单向阀关闭，计量柱塞保持不动。随着正时柱塞上行，经电磁阀流入的燃油不断进入正时油腔、补充正时柱塞上行所让出的空间。

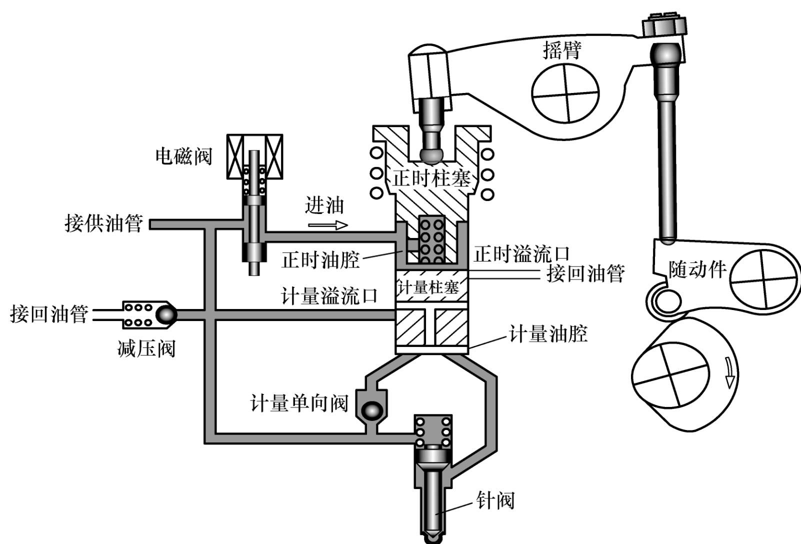



**图 10-7　正时油腔进油**

④ 大约在喷油前 150°曲轴转角，ECM 控制电磁阀关闭。此时正时油腔成为密闭空间，计量柱塞与正时柱塞间距离不再变化，计量柱塞和正时柱塞同步上行。计量柱塞上行的同时，来自供油管路的燃油再次经过计量单向阀进入计量油腔（图 10-8）、补充柱塞上行所让开的空间。

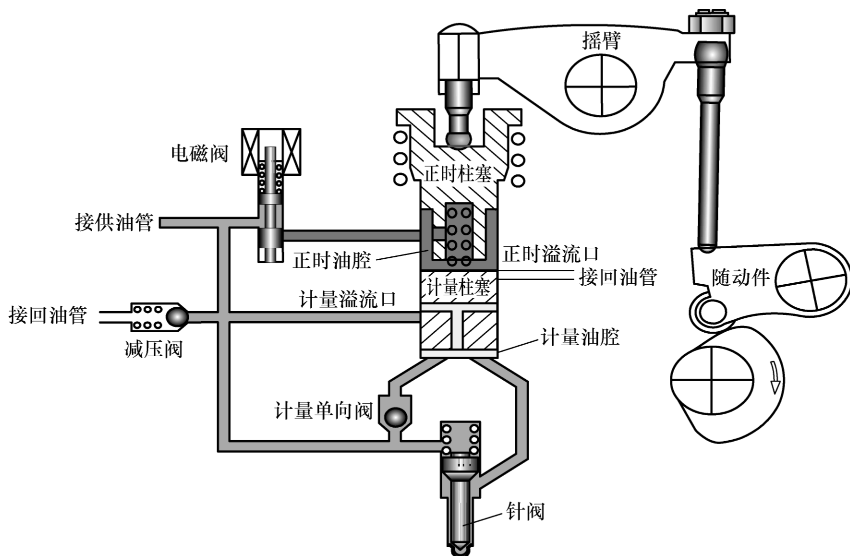



**图 10-8　计量油腔二次进油**

⑤ 当第二次进入计量油腔的油量达到 ECM 的设定值时，ECM 再次控制电磁阀打开。压力燃油再次进入正时油腔（图 10-9），计量柱塞第二次保持停止（不再随正时柱塞同步上行）。此时经过两次计量的燃油被保持在计量油腔之内，直至到正确时刻将其喷入气缸为止。正时柱塞上行所让开的空间，继续由经电磁阀供给的压力燃油填充、正时油腔容积逐步增大。

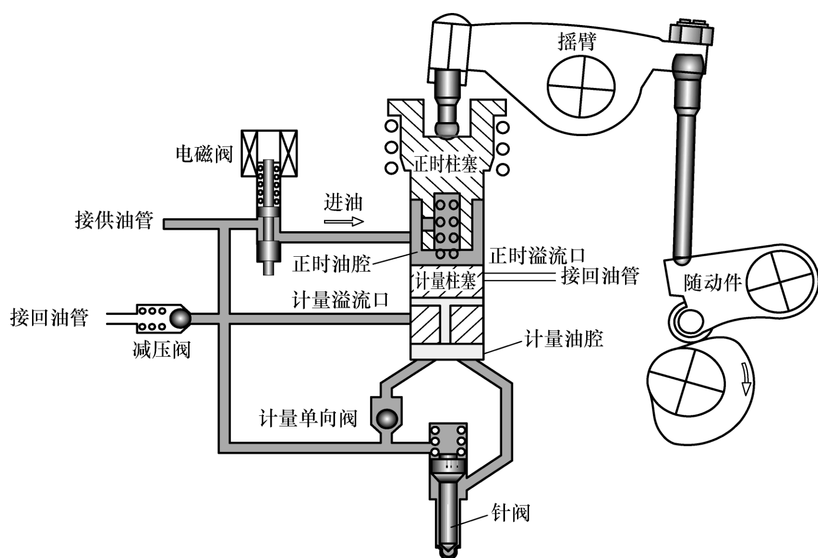



**图 10-9　正时油腔二次进油**

⑥ 随着随动件的滚轮落座于凸轮内基圆上，正时柱塞上行到顶点，正时油腔容积达到最大，并且不再变化，直到凸轮转动至上升沿，离开内基圆为止。

⑦ 随动件滚轮离开内基圆、开始接触凸轮上升沿时，正时柱塞被驱动下行，正时油腔压力迅速增长、燃油被压送回供油管路。此时计量单向阀保持关闭，计量柱塞保持不动。

⑧ 当达到了正确的喷油时刻时，ECM 控制电磁阀关闭（图 10-10）。此时正时油腔被密闭，正时柱塞和计量柱塞间便实现了刚性液压连接。计量柱塞和正时柱塞同步下行，计量油腔压力迅速增长。当计量油腔油压达到 5000psi 时，油压将针阀顶起，计量油腔内的燃油经油杯上的喷孔喷出。

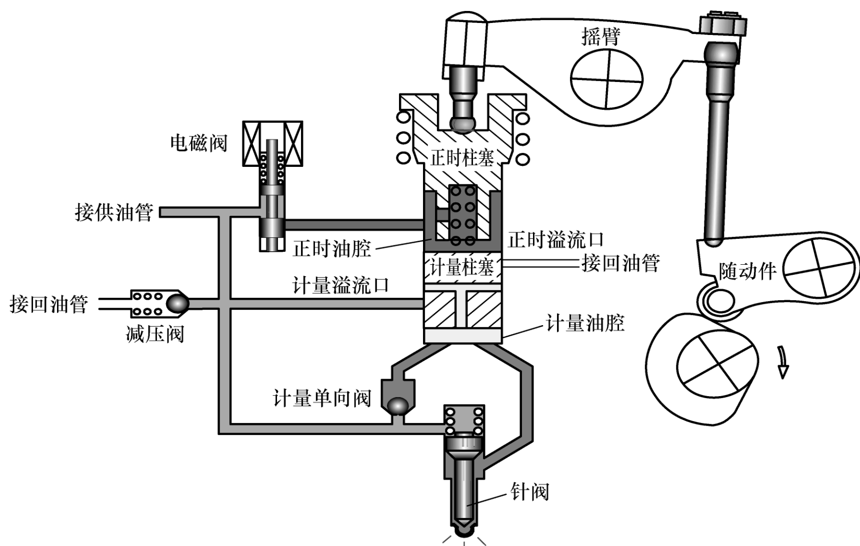



**图 10-10　电磁阀关闭、喷射开始**

⑨ 当计量柱塞上的泄油通道与计量溢流口对正时，计量油腔内的高压燃油迅速回流到进油通道中，此时减压阀被打开，使部分燃油回流到回油管，这就减小了供油压力脉动。接着计量柱塞让开了正时溢流口，正时油腔内燃油随着正时柱塞继续下行迅速经正时溢流口排空。喷射结束，如图 10-11 所示。

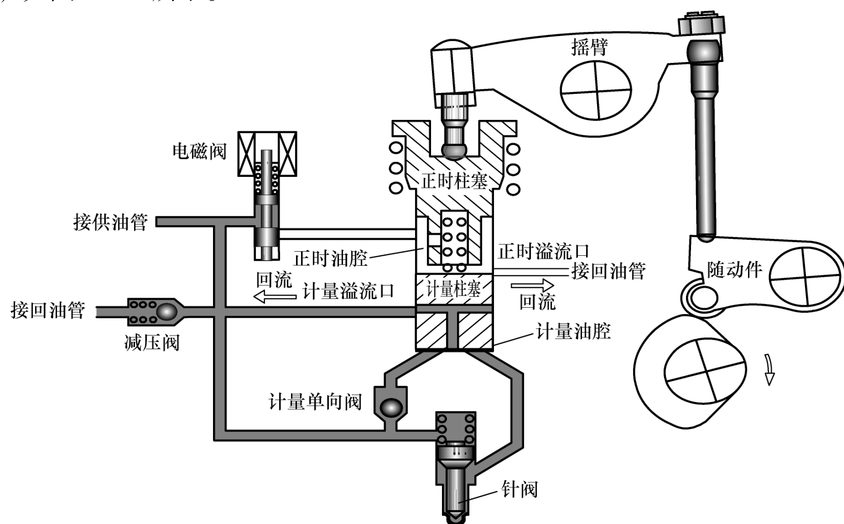



图 10-11　喷射结束



## 你学会了吗?

1. 电控泵喷嘴柴油机有哪些结构特点?
2. 康明斯 ISM 发动机喷油器的二次计量是如何实现的?

# 第 47 天　电控泵喷嘴柴油机燃油系统检修入门



## 学习目标

1. 掌握电控泵喷嘴柴油机低压油路检测技能
2. 掌握电控泵喷嘴柴油机喷油器检修方法



## 基础知识

### 一、康明斯 ISM 发动机低压油路检测

**1. 燃油泵压力检测**（图 10-12）

（1）拖动压力　将燃油压力表连接到燃油泵的快装接头上。拖动发动机，并观察拖

动时的燃油压力。最低拖动燃油压力 172kPa。

（2）运转压力　将合适量程的压力表连接到燃油泵的快断管接头上。起动发动机，并在无负荷状态下以 1200r/min 的转速运行。记录燃油压力，最低燃油压力 827kPa。

**提示**：当测得的压力低于规范值时，应检查断油电磁阀是否打开；燃油箱油位是否充足；燃油滤清器及管路是否有堵塞或漏气现象，必要时更换燃油泵。

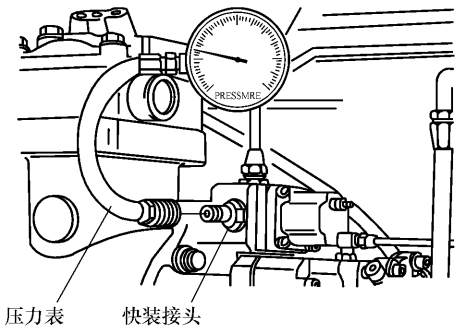



图 10-12　燃油泵压力测量

**2. 进油阻力检测**

在燃油泵进油管上安装压力计（图 10-13）。起动发动机使之在额定转速下空转，测得燃油泵进油阻力，应符合表 10-1。

表 10-1　进油阻力规范

| 条件 | 新滤清器 | 在用滤清器 |
| --- | --- | --- |
| 规范（最大阻力） | 20kPa（152mmHg，6inHg） | 34kPa（254mmHg，10inHg） |

如果测得进油阻力过大，应检查管路是否堵塞，必要时更换滤清器。

**3. 回油阻力测量**（图 10-14）

在燃油泵回油管上安装压力计，起动发动机使之在额定转速下空转，读取压力表读数。燃油回油阻力最大值 12kPa（89mmHg）。如果测得回油阻力大于规范值，应检查燃油箱通风管是否堵塞、回油管是否堵塞。

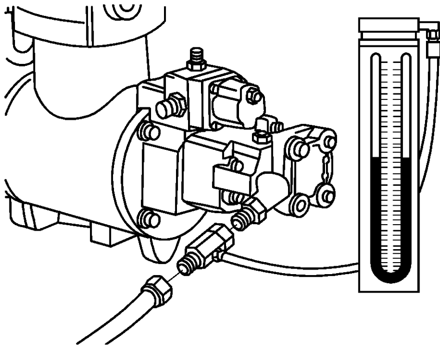


图 10-13　进油阻力检测

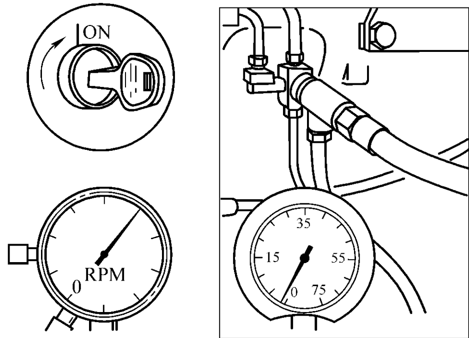



图 10-14　回油阻力测量

**4. 燃油切断阀检测**

（1）电阻检测　工作电压为 12V 的燃油切断阀，电阻应为 6 ~ 15Ω。工作电压为 24V 的燃油切断阀，电阻应为 24 ~ 50Ω。

（2）电压测量　将车辆钥匙开关转到“ON”（接通）的位置。使用万用表检查至线圈的电压必须为 12V（或 24V）。

**提示**：将车辆钥匙开关反复接通、断开，倾听阀门是否有“咔嗒”声。如果阀门没有发出“咔嗒”声，应维修或更换燃油切断阀。

## 二、喷油器工作测试

对缺火、工作不良气缸测试可以应用 INSITE 诊断软件进行气缸性能测试，如果气缸工作效率低于 71% 时，应对故障缸喷油器和机械部分进行检查。

喷油器工作不良，会导致气缸排烟过大。排烟大的气缸排气口温度会高于其他缸，因此可以通过利用红外测温仪检测排气歧管表面温度来确定故障缸（图 10-15）。发动机怠速运转，排气歧管表面最高温度不得大于 143℃。也可用手触摸排气歧管来判断，温度较高的排气歧管对应的气缸燃烧不充分、排烟较大。

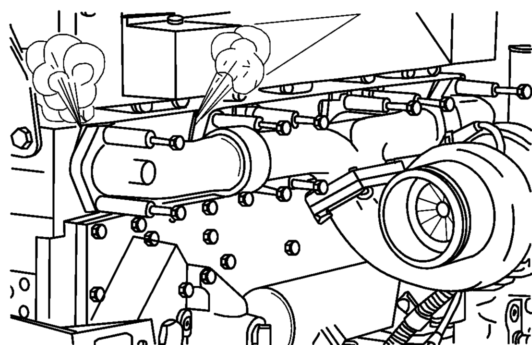


**图 10-15　排烟检查**

松开排气歧管螺栓，使排气歧管后倾，使发动机怠速运转，观察各缸排烟情况。更换排烟明显过大的喷油器。

**提示**：通过以上方法检查、确认某缸工作不良时，为了区分是喷油器故障，还是缸压过低等机械原因，可以将故障缸喷油器与其他缸喷油器对调，如果故障随同喷油器转移则为喷油器故障，反之为缸压过低。



## 维修案例

**案例 1**

**故障现象**：一台康明斯 ISM 柴油机，起动机拖动正常，但无法起动。

**故障排除**：反复开、关点火开关，听不到燃油切断阀声响。打开点火开关，检测燃油切断阀接线柱电压为 12V，正常；检测燃油切断阀电阻为 9.6Ω，正常。更换燃油切断阀，故障排除。

**案例 2**

**故障现象**：一台康明斯 ISM 柴油机，起动困难。发动机起动后，若踩下加速踏板，立即熄火。

**故障排除**：拖动发动机，用压力表检测燃油泵压力，为 160kPa、低于规范值。后经对低压燃油管路进行全面检查，发现油箱立管堵塞。对管路进行维修后，故障排除。



## 你学会了吗?

1. 康明斯 ISM 柴油机是否可以检测高压燃油压力?
2. 如何对康明斯 ISM 柴油机喷油器工作进行检查?

# 第 48 天　电控泵喷嘴柴油机装配要点

## 学习目标

1. 掌握 ISM 发动机顶置机构调整技能
2. 学会检测静态喷油正时，并能够依据测量结果、选择偏心键完成调整作业

## 基础知识

电控泵喷嘴柴油机结构上与其他柴油机相比有很大差异，其装配调整相对复杂。本单元以 ISM 柴油机为例，叙述其装配要点。

**1. 齿轮室正时**

ISM11 柴油机齿轮室结构如图 10-16 所示。惰齿轮 2 与曲轴齿轮、凸轮轴齿轮、附件驱动齿轮间有正时要求，正时记号分别为“*O*”“*X*”“*V*”。齿轮室装配时，要将以上 3 个正时标记对正。附件驱动轴用于驱动空压机和燃油泵。空压机和燃油泵虽然没有正时要求，但附件轴带轮（图 10-16 中未画出）上有用于顶置机构调整的“*A*”“*B*”“*C*”标记，只有齿轮按正时标记安装，才能够保证附件带轮标记正确。

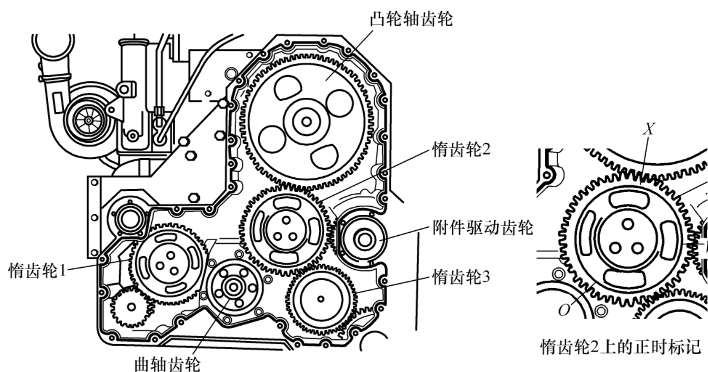



图 10-16　齿轮室上的正时标记

**2. 顶置机构调整**

顶置机构调整内容包括气门间隙调整、喷油器间隙调整和发动机制动器调整 3 项内容。调整时采用逐缸调整法，具体步骤如下。

① 拆下摇臂室盖（图 10-17）。

② 顺时针转动附件驱动轴，直至附件驱动带轮上的气门设置标记“*A*”与齿轮室盖上的指针对齐（图 10-18）。

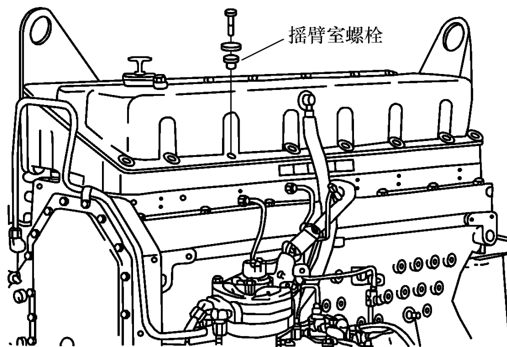



图 10-17　拆下摇臂室盖

③ 当“A”标记与指针对齐时，如果1号气缸的进气门和排气门关闭，喷油器柱塞位于其行程的底部，则对1号气缸气门间隙和喷油器间隙进行调整。如果6号气缸的进气门和排气门关闭，喷油器柱塞位于其行程的底部，则对6号气缸进行调整。带轮标记在不同位置时调整内容见表10-2。

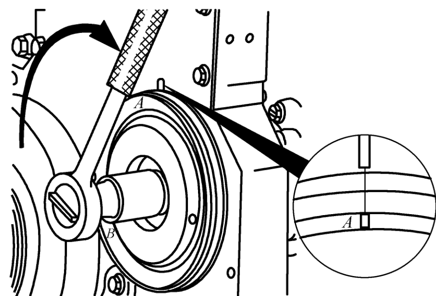


图 10-18　对正附件驱动带轮上的标记

气门间隙、喷油器间隙和发动机制动器间隙调整技术规范见表10-3。

表 10-2　喷油器和气门调整顺序

| 按发动机运转方向盘车 | 带轮位置 | 设定气缸 | |
|---|---|---|---|
| | | 喷油器 | 气门 |
| 开始 | A | 1 | 1 |
| 旋转至 | B | 5 | 5 |
| 旋转至 | C | 3 | 3 |
| 旋转至 | A | 6 | 6 |
| 旋转至 | B | 2 | 2 |
| 旋转至 | C | 4 | 4 |

点火顺序：1－5－3－6－2－4

表 10-3　气门间隙、喷油器间隙和发动机制动器间隙调整技术规范

| 单位 | mm | in |
|---|---|---|
| 进气门间隙 | 0.36 | 0.014 |
| 排气门间隙 | 0.69 | 0.027 |
| 发动机制动器间隙 | 0.38 | 0.015 |
| 喷油器间隙 | 0.5～2.0 | |

进、排气气门排列顺序如图10-19所示（长摇臂为排气门，短摇臂为进气门，中间摇臂为喷油器摇臂）

喷油器调整方法如图10-20所示。松开喷油器调节螺钉的锁紧螺母，用一把螺钉旋具拧动调节螺钉（如果安装了发动机制动器，则使用套筒扳手），使喷油器柱塞接触底部3～4次，清除喷油器中的燃油。拧入调节螺钉，直至感觉到刚好使柱塞接触底部为止，然后旋出调节螺钉120°，以61N·m扭矩拧紧锁紧螺母。

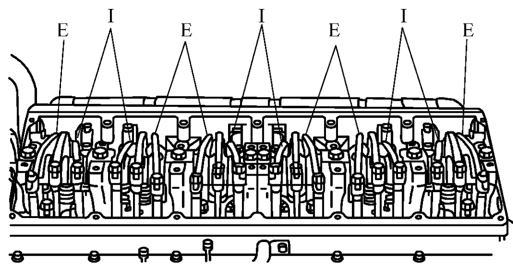


图 10-19　ISM发动机进排气门排列

**提示：**

◇ISM 发动机喷油器间隙的调整是在喷油器凸轮外基圆与随动件接触时进行的（大转矩法）。而 M11 机械喷射发动机是在喷油器凸轮内基圆与随动件接触时进行的，即所谓零间隙法。注意两者区别，不要混淆。

◇使用中的喷油器间隙检查，可以用磁力百分表，测量喷油器摇臂摆动量进行检查，间隙值应在 0.5 ~2.0mm 范围内。

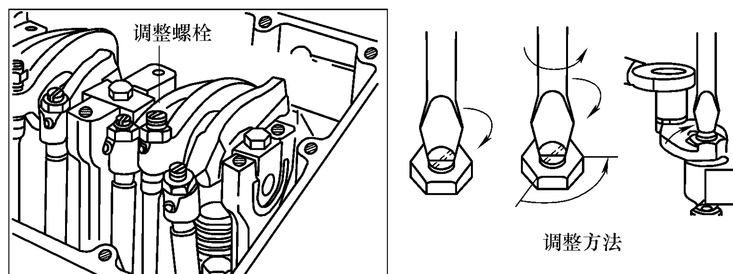



图 10-20　喷油器调整

④ 1 缸调整完毕后，顺时针盘转曲轴、按点火次序依次调整 5、3、6、2、4 缸。若发动机装有发动机制动器，检查制动器活塞间隙（间隙值 0.38mm），调整方法和气门间隙调整相类似，按图 10-21 进行调整。发动机制动器间隙必须在调整完本缸排气门后才能进行调整。

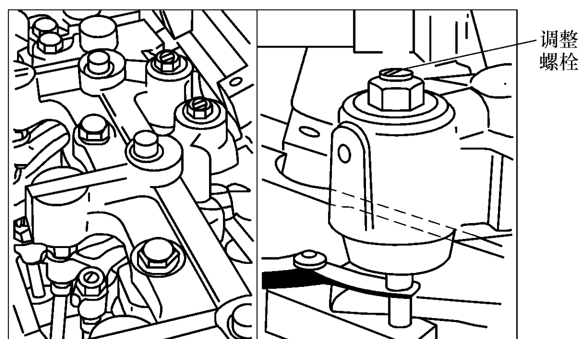



图 10-21　发动机制动器间隙调整

**提示：**

◇装有发动机制动器的发动机，在安装制动器之前，应将喷油器间隙和气门间隙调整完毕。

◇只有某缸排气门间隙可调时，该缸制动器间隙才是可调的。即采用两次调整法，1 缸压缩上止点时，可调 1、3、5 缸的发动机制动器间隙；6 缸压缩上止点时，可调 2、4、6 缸的发动机制动器间隙（在附件带轮上，除了 *A*、*B*、*C* 标记外，还有 1、6 缸上止点标记）。

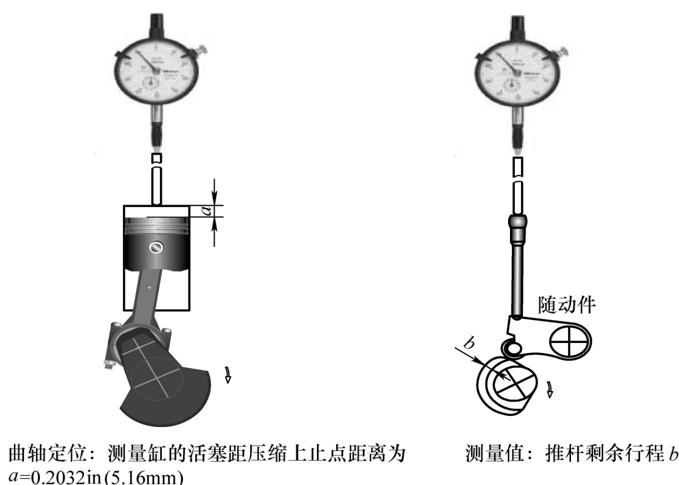


## 实际操作

### 静态喷油正时调整

**提示**：ISM11 发动机静态喷油正时，是指喷油器凸轮与曲轴间正确的相位关系。如图 10-22 所示通过静态喷油正时检测，计算出偏差量，然后选用合适的偏心键（此键装于凸轮轴齿轮上）对静态喷油正时进行调整。喷油器凸轮的磨损，会导致静态喷油正时变化。ISM11 发动机大修或更换了正时齿轮后要对静态喷油正时进行调整。可以在第一缸上调整，在第六缸上复查。

静态喷油正时检测基本步骤是用两块百分表分别测量活塞和喷油器凸轮的升程。最终是要测量出 1 缸活塞处于压缩行程上止点前 0. 2032″位置时，喷油器推杆距离其行程顶点的距离 $b$。将测量值 $b$ 与标准值相比较，$b$ 大于标准值说明正时滞后，$b$ 小标准值说明正时提前。最后按偏差量大小选择合适的偏心键、按正确方向安装、完成静态喷油正时的调整。




曲轴定位：测量缸的活塞距压缩上止点距离为 $a$=0.2032in(5.16mm)　　测量值：推杆剩余行程 $b$

**图 10-22　静态喷油正时调整基准点测量**

如图 10-23 所示调整时要配合盘转 4 次曲轴。

位置 1 为 1 缸压缩上止点，用于校对活塞量表量程调整和调零。

位置 2 为 1 缸上止点后约 90°曲轴转角，用于校对凸轮量表量程调整和调零。

位置 4 为上止点前 0. 2032″位置，用于读取测量值。

位置 3 为 4 位置前任一位置，保证曲轴在顺时针转动的情况下过渡到位置 4，以保证测量值准确性。

**详细操作步骤如下。**

① 拆下摇臂室盖，拆下 1 缸喷油器调整螺钉，取下喷油器推杆（大修发动机在安装摇臂前，首先调整静态喷油正时），拆下喷油器（图 10-24）。

② 如图 10-25 所示将专用的测量工具安装于喷油器安装孔之中（活塞表杆与活塞顶接触，喷油器表杆与喷油器推杆相接触）。

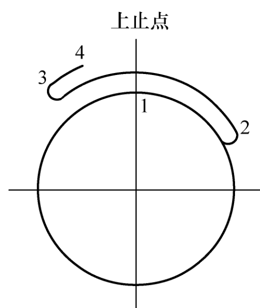



**图 10-23　调整作业中的曲轴四个位置**

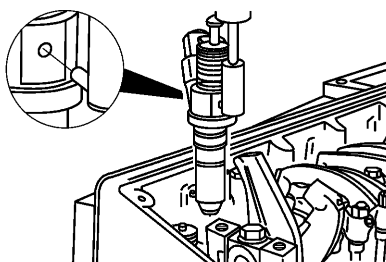


**图 10-24　拆下喷油器**

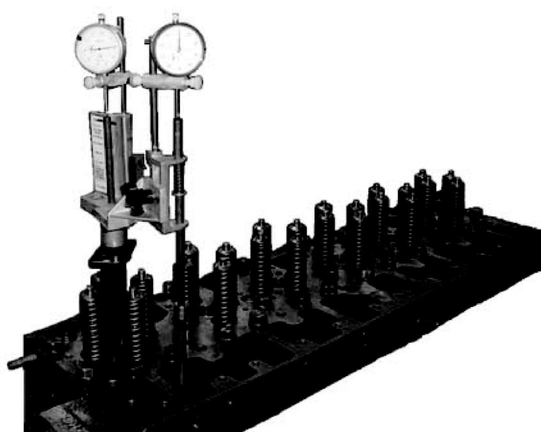


**图 10-25　安装测量工具**

③ 盘转曲轴、正时测量操作，按表 10-4 进行。

**表 10-4　静态喷油正时测量步骤**

| 曲轴位置 | 示意图 |
|---|---|
| 位置 1 | 活塞量表调零<br>1 缸压缩上止点：活塞量表量程调整、调零 |

（续）

| 曲轴位置 | 示意图 |
| --- | --- |
| 位置 2 | 凸轮量表调零<br>上止点后约 90°，在外基圆上，进行凸轮量表量程调整、调零 |
| 位置 3 | 观察活塞自上止点下行值大于0.2032in (5.16mm)<br>随动件<br>逆时针盘转曲轴，使活塞下行值大于 0. 2032″（5. 16mm） |
| 位置 4 | 观察活塞量表读数为−0.2032in (−5.16mm)时停止<br>读取测量值<br>随动件<br>顺转曲轴重新找到基准位置，然后读取凸轮量表读数 *b* |

④ 偏心键选择读出喷油凸轮上表的读数 $b$（实测值），与正时代号标准值（喷油推杆行程）比较、计算，选取偏心键。

正时代号由两个英文字母构成，它由厂家设计部门选定，并标注在每台发动机的铭牌上。例如，某台康明斯 ISM 发动机正时代码为 AH，由表 10-5 可查的标准值为 -0.034 与 -0.036 之间（即 -0.035in）。

**表 10-5　正时代码与标准值**

| 喷油定时代码 | 规定值/in | | 喷油定时代码 | 规定值/in | | 喷油定时代码 | 规定值/in | | 喷油定时代码 | 规定值/in | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 早 | 晚 | | 早 | 晚 | | 早 | 晚 | | 早 | 晚 |
| A | -0.0395 | -0.0435 | C | -0.0315 | -0.0355 | D | -0.034 | -0.038 | E | -0.028 | -0.03 |
| Z | -0.024 | -0.028 | AA | -0.03 | -0.032 | AC | -0.027 | -0.029 | AF | -0.044 | -0.046 |
| AH | -0.034 | -0.036 | AK | -0.04 | -0.042 | AN | -0.045 | -0.047 | AQ | -0.041 | -0.043 |
| AS | -0.035 | -0.037 | AU | -0.048 | -0.05 | AV | -0.049 | -0.051 | AW | -0.059 | -0.061 |
| AX | -0.054 | -0.056 | AY | -0.039 | -0.041 | AZ | -0.058 | -0.06 | BA | -0.027 | -0.029 |
| BC | -0.023 | -0.025 | BH | -0.051 | -0.053 | BM | -0.052 | -0.054 | BS | -0.071 | -0.073 |
| BT | -0.08 | -0.082 | BU | -0.064 | -0.066 | BV | -0.061 | -0.063 | BW | -0.066 | -0.068 |
| BY | -0.069 | -0.071 | CD | -0.073 | -0.075 | CE | -0.025 | -0.027 | CF | -0.037 | -0.039 |
| CH | -0.051 | -0.053 | CO | -0.0625 | -0.0645 | CP | -0.118 | -0.122 | CQ | -0.11 | -0.116 |
| CR | -0.108 | -0.112 | CS | -0.108 | -0.114 | CT | -0.071 | -0.075 | CU | -0.126 | -0.13 |
| CV | -0.151 | -0.155 | CW | -0.0575 | -0.0625 | CX | -0.078 | -0.082 | CY | -0.073 | -0.077 |
| DA | -0.048 | -0.052 | DB | -0.059 | -0.063 | DC | -0.054 | -0.058 | DD | -0.06 | -0.064 |
| DE | -0.076 | -0.08 | DF | -0.063 | -0.067 | DG | -0.046 | -0.05 | DH | -0.0695 | -0.0725 |
| DJ | -0.072 | -0.076 | DK | -0.10 | -0.104 | DL | -0.093 | -0.097 | DM | -0.085 | -0.089 |
| DN | -0.095 | -0.101 | DP | -0.097 | -0.103 | DR | -0.079 | -0.085 | DS | -0.076 | -0.082 |
| DT | -0.066 | -0.072 | DV | -0.106 | -0.11 | DW | -0.086 | -0.09 | | | |
| F | -0.058 | -0.064 | FA | -0.107 | -0.111 | FB | -0.127 | -0.131 | FC | -0.083 | -0.087 |
| FD | -0.144 | -0.148 | FE | -0.103 | -0.107 | FG | -0.123 | -0.127 | FH | -0.118 | -0.122 |
| FI | -0.069 | -0.072 | FJ | -0.08 | -0.084 | FK | -0.125 | -0.129 | FL | -0.108 | -0.112 |
| FM | -0.134 | -0.138 | FN | -0.094 | -0.096 | FO | -0.096 | -0.1 | FP | -0.05 | -0.054 |
| FR | -0.101 | -0.105 | FS | -0.088 | -0.092 | FT | -0.114 | -0.118 | FU | -0.054 | -0.058 |
| FV | -0.116 | -0.12 | FW | -0.134 | -0.138 | FX | -0.154 | -0.158 | FY | -0.124 | -0.128 |
| FZ | -0.073 | -0.077 | G | -0.046 | -0.052 | GA | -0.03 | -0.034 | GB | -0.123 | -0.127 |
| GC | -0.056 | -0.06 | GD | -0.103 | -0.107 | GE | -0.063 | -0.067 | GF | -0.071 | -0.075 |
| GG | -0.083 | -0.087 | GH | -0.088 | -0.092 | GI | -0.084 | -0.088 | GJ | -0.101 | -0.105 |
| GK | -0.078 | -0.082 | GL | -0.13 | -0.134 | GM | -0.099 | -0.103 | GN | -0.076 | -0.08 |

（续）

| 喷油定时代码 | 规定值/in | | 喷油定时代码 | 规定值/in | | 喷油定时代码 | 规定值/in | | 喷油定时代码 | 规定值/in | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 早 | 晚 | | 早 | 晚 | | 早 | 晚 | | 早 | 晚 |
| GO | -0.21 | -0.214 | GP | -0.071 | -0.075 | GQ | -0.177 | -0.181 | GR | -0.136 | -0.14 |
| GS | -0.131 | -0.135 | GT | -0.074 | -0.078 | GU | -0.105 | -0.107 | GW | -0.105 | -0.109 |
| GX | -0.14 | -0.144 | GY | -0.172 | -0.176 | GZ | -0.086 | -0.09 | H | -0.044 | -0.05 |
| HA | -0.175 | -0.179 | HB | -0.098 | -0.102 | HC | -0.173 | -0.177 | HD | -0.107 | -0.113 |
| HE | -0.198 | -0.202 | HF | -0.093 | -0.097 | HG | -0.034 | -0.038 | HH | -0.102 | -0.106 |
| HI | -0.093 | -0.097 | HJ | -0.078 | -0.082 | HK | -0.08 | -0.084 | HL | -0.277 | -0.281 |
| HM | -0.197 | -0.201 | HN | -0.144 | -0.148 | HO | -0.162 | -0.166 | HP | -0.126 | -0.13 |
| HQ | -0.191 | -0.195 | HR | -0.181 | -0.185 | HS | -0.133 | -0.137 | HT | -0.262 | -0.268 |
| HU | -0.178 | -0.182 | HV | -0.172 | -0.176 | HW | -0.096 | -0.099 | HX | -0.17 | -0.174 |
| HY | -0.204 | -0.206 | HZ | -0.233 | -0.237 | I | -0.05 | -0.056 | IA | -0.094 | -0.096 |
| IB | -0.094 | -0.098 | IC | -0.184 | -0.188 | IE | -0.084 | -0.086 | IF | -0.167 | -0.169 |
| IG | -0.118 | -0.124 | IH | -0.376 | -0.378 | II | -0.147 | -0.149 | IJ | -0.35 | -0.352 |
| IK | -0.153 | -0.155 | IL | -0.139 | -0.143 | IM | -0.312 | -0.314 | IN | -0.249 | -0.251 |
| IO | -0.143 | -0.147 | IP | -0.34 | -0.342 | IQ | -0.204 | -0.21 | IR | -0.189 | -0.195 |
| IS | -0.089 | -0.091 | IT | -0.259 | -0.263 | IU | -0.351 | -0.353 | IV | -0.228 | -0.232 |
| IX | -0.254 | -0.258 | IZ | -0.166 | -0.168 | J | -0.046 | -0.052 | JA | -0.134 | -0.138 |
| JB | -0.339 | -0.345 | JC | -0.121 | -0.127 | JD | -0.327 | -0.333 | JE | -0.186 | -0.19 |
| JF | -0.276 | -0.282 | JG | -0.136 | -0.14 | JI | -0.167 | -0.171 | JJ | -0.134 | -0.138 |
| JK | -0.163 | -0.165 | JL | -0.128 | -0.132 | JM | -0.132 | -0.136 | JN | -0.244 | -0.248 |
| JO | -0.138 | -0.142 | JQ | -0.213 | -0.219 | JR | -0.055 | -0.059 | JS | -0.214 | -0.218 |
| JT | -0.232 | -0.236 | JU | -0.246 | -0.25 | JV | -0.359 | -0.365 | JW | -0.169 | -0.171 |
| JX | -0.392 | -0.396 | JY | -0.366 | -0.37 | JZ | -0.22 | -0.224 | K | -0.062 | -0.068 |
| KA | -0.233 | -0.237 | KC | -0.287 | -0.291 | KF | -0.331 | -0.337 | KG | -0.318 | -0.322 |
| KH | -0.3384 | -0.3444 | KK | -0.218 | -0.222 | KN | -0.231 | -0.235 | KQ | -0.356 | -0.362 |
| KR | -0.377 | -0.383 | KS | -0.398 | -0.404 | KV | -0.213 | -0.217 | KW | -0.381 | -0.385 |
| KY | -0.238 | -0.242 | L | -0.0575 | -0.0645 | LA | -0.294 | -0.298 | LB | -0.312 | -0.316 |
| LG | -0.251 | -0.257 | LH | -0.297 | -0.303 | LM | -0.244 | -0.25 | M | -0.0265 | -0.0315 |
| N | -0.0348 | -0.0398 | O | -0.0206 | -0.0256 | Q | -0.051 | -0.057 | R | -0.071 | -0.076 |
| S | -0.032 | -0.036 | T | -0.042 | -0.047 | U | -0.05 | -0.055 | V | -0.0285 | -0.0325 |
| W | -0.0425 | -0.0475 | X | -0.0525 | -0.0575 | Y | -0.037 | -0.041 | | | |

注：1in = 25.4mm

**依据下列公式计算新键推杆行程变化量：**

新键推杆行程变化量 = $A$（实测值）—$B$（标准值）+ $C$（原键变化量）。

原键变化量根据原键零件号可查的。如图 10-26 所示原键箭头朝外（提前）安装，C 值为正；原键箭头朝里（滞后）安装，C 值为负。计算值为正，箭头朝外装；计算值为负，箭头朝里装。

根据新键推杆行程变化量，查表 10-6 确定偏心键零件号：

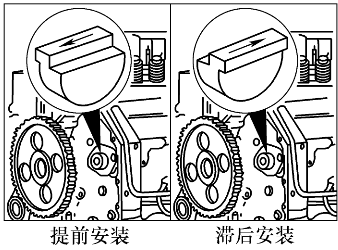



**图 10-26　偏心键的两种安装方法**

**表 10-6　偏心键的选择**

| 偏心键零件号 | 偏心量/mm | 推杆行程变化量/mm |
|---|---|---|
| 200711 | 0. 178 | 0. 084 |
| 200709 | 0. 381 | 0. 178 |
| 200704 | 0. 508 | 0. 241 |
| 200708 | 0. 584 | 0. 279 |
| 200706 | 0. 838 | 0. 394 |
| 200714 | 0. 991 | 0. 47 |
| 216782 | 0. 279 | 0. 14 |
| 216294 | 0. 089 | 0. 043 |
| 3000491 | 0. 686 | 0. 343 |
| 3000492 | 0. 914 | 0. 457 |
| 3000493 | 1. 092 | 0. 546 |
| 3000494 | 1. 194 | 0. 597 |
| 3000495 | 1. 448 | 0. 65 |

选择正确的偏心键后，按正确方向安装，调整即可结束。静态喷油正时调整完成后，盘转曲轴一周、在第 6 缸上进行复查。

提示：第 6 缸复查超标，说明凸轮磨损严重，一般应更换凸轮轴。



**你学会了吗?**

1. ISM 发动机顶置机构调整内容有哪些？喷油器间隙如何进行调整？
2. ISM 发动机静态喷油正时如何检测？偏心键如何选择？

# 第十一章

# 电控分配泵柴油机检修入门

## 第 49 天　电控分配泵柴油机概述

**学习目标**

1. 掌握电控分配泵燃油系统的结构
2. 掌握电控分配泵柴油机油量调节原理
3. 掌握电控分配泵柴油机供油时刻调节原理

**基础知识**

电控分配式喷油泵柴油机，是由机械分配泵柴油机演变而来。单柱塞供油是其主要特点。分配泵可分为轴向柱塞式和径向柱塞式两种。下面以捷达 SDI 发动机为例，介绍轴向柱塞式电控分配泵柴油机燃油系统工作原理。

### 一、捷达 SDI 发动机燃油系统

捷达 SDI 发动机燃油系统组成如图 11-1 所示。它由喷油泵（包括输油泵、高压泵）、喷油器、燃油滤清器、燃油箱及燃油管路等组成。

**1. 输油泵**

输油泵负责为高压油泵输送燃油，捷达 SDI 发动机输油泵为叶片泵，其结构如图 11-2所示。4 个叶片将整个泵腔分为 4 个密闭空间。在偏心盘的作用下，各个密闭空间的容积随着泵轴的旋转有规律地变化：密闭泵腔转向吸入槽时，空间逐步增大、产生吸油作用，将燃油吸入腔内；密闭泵腔转向压力槽时，空间逐步缩小、产生压油作用，将燃油从出油口压出、进入高压油泵泵体内的空腔（工作时，泵体空腔内充满燃油）。

**2. 高压泵**

（1）高压泵结构　高压泵结构如图 11-3 所示。动力由输入轴 1 输入，通过叉架 3 传递给凸轮盘 6。柱塞 7 大端外圆设有切槽，凸轮盘上的凸起圆柱销刚好插入切槽中，这样

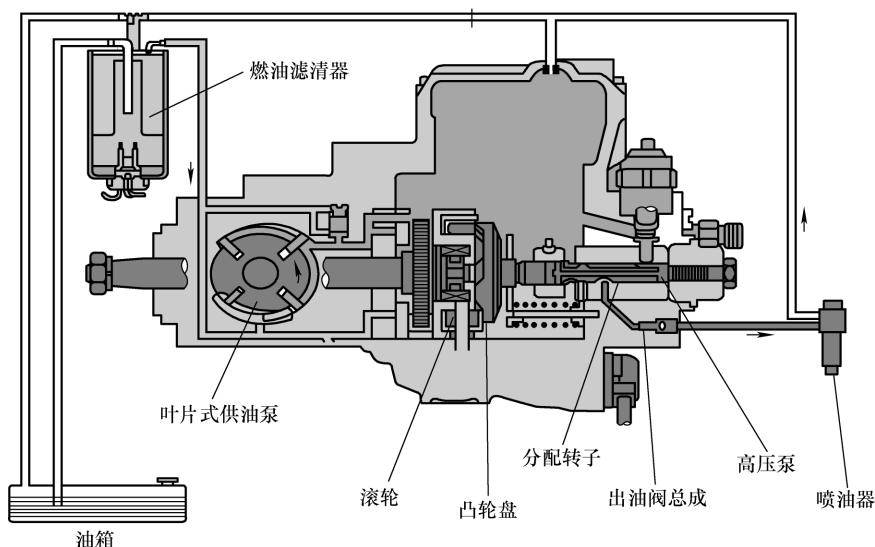



**图 11-1　捷达 SDI 发动机燃油系统**

凸轮盘就可以驱动柱塞 7 一起旋转。滚轮架 4 相对静止（只有供油时刻进行调节时，正时柱塞才驱动其相对泵体旋转一定角度），其右端面均匀分布有 4 个滚轮组件。滚轮直接与凸轮盘接触。当泵轴驱动凸轮盘转动时，凸轮盘每转动一周，轴向往复运动 4 次，柱塞 7 也随之往复运动 4 次（柱塞右移受凸轮盘驱动，柱塞左移、复位受回位弹簧 10 驱动）。

分配头 11 上设有进油孔，柱塞左移时可将泵腔内的部分燃油吸入到高压腔内。柱塞右移时为燃油二次加压，经出油阀、完成为各缸喷油器供油。

滚轮架除了驱动凸轮盘轴向运动外，它还可以受正时柱塞驱动（图中未画出）相对泵体旋转、进行供油时刻的调节。当滚轮架顺着泵轴旋转方向转动时，供油将被延迟；当滚轮架逆着泵轴旋转方向转动时，供油将被提前。

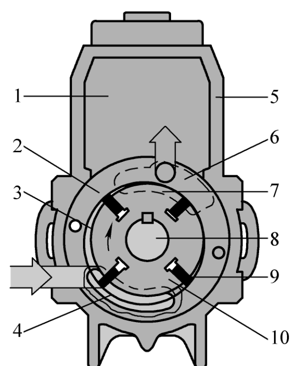



**图 11-2　叶片式供油泵**

1—泵内油腔　2—偏心环　3—月牙形槽　4—燃油入口及吸入槽　5—泵体　6—出油口及压力槽　7—半圆键　8—输入轴　9—叶片　10—叶轮

控制轴套 9 用于供油量控制，其左移供油量减小；右移时供油量增大。机械喷射分配泵的控制轴套受驾驶人和调速器的双重控制。电控分配泵的控制轴套由电控执行器控制、实现对供油量的调节。

（2）高压供油原理　分配泵的柱塞和分配头上的油道布置如图 11-4 所示。柱塞小端设有 4 个均布圆周的进油槽，每一个进油槽负责为一个缸供油。柱塞中心设有油道，把高压腔、出油孔和溢油孔连通。分配头上设有一个进油道与泵室低压油腔相通，当柱塞左移且某缸的进油槽与分配头进油孔对正时，低压燃油得以进入高压腔。

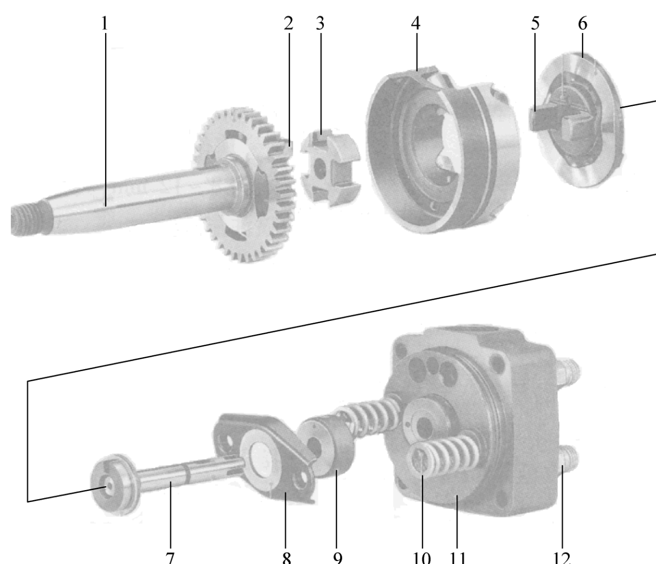



**图 11-3　分配泵头总成**

1—输入轴　2—爪轮　3—叉架　4—滚轮架　5—爪　6—凸轮盘　7—柱塞　8—弹簧座
9—控制轴套　10—柱塞回位弹簧　11—分配头　12—出油阀（连接到高压油管）

柱塞上仅有的一个出油孔用于为各缸配油。当柱塞右移时，高压腔内的燃油被加压；当出油孔与某一缸的分配油道对正时，高压腔内的高压燃油通过分配油道、出油阀和高压油管，为喷油器供油。

供油量的多少取决于溢油孔何时被控制轴套打开。控制轴套右移，溢油孔打开的就晚些，供油量就增加；控制轴套左移，溢油孔打开的就早些，供油量就减少。电控执行器对控制轴套的控制，就实现了发动机喷油量的调节。

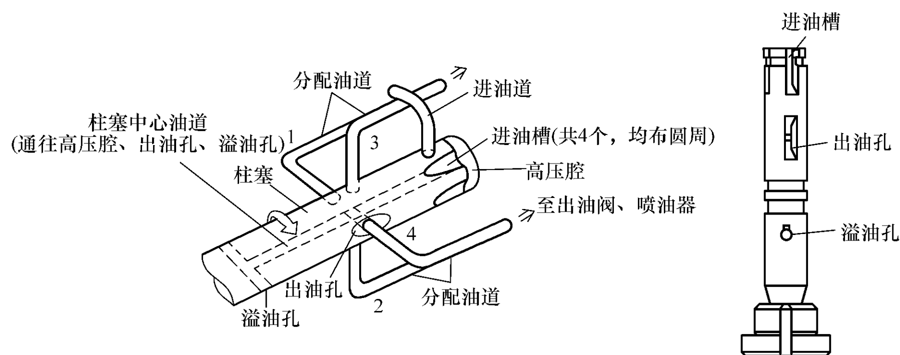



**图 11-4　分配泵柱塞和泵头上的油道布置**

高压供油的 4 个阶段，如图 11-5 所示。

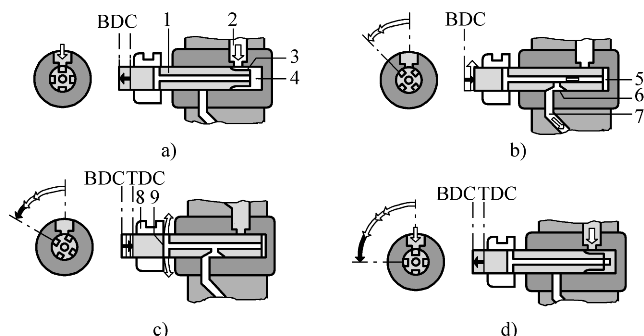



**图 11-5　高压供油过程**

a）进油：在下止点，燃油通过进油管道和进油槽进入高压腔

b）供油：随着轴向运动，分配柱塞关闭进油管道，使高压室中的燃油保持一定压力

随着旋转运动，出油孔与分配油道相通，实现向某缸喷油器供油

c）泄压：柱塞右行至控制轴套将溢油孔开放，高压腔内燃油得以通过柱塞内油道回流泵腔，供油结束

d）进油：在柱塞回到下止点时，高压腔重新注油，为下一缸供油做准备

1—柱塞　2—进油通道　3—进油切槽　4—高压油腔　5—柱塞中心油道　6—配油孔　7—各缸配油油道　8—控制轴套　9—泄油通道

分配泵头的油道布置如图 11-6 所示。

（3）供油提前角自动调节　电控分配泵柴油机供油提前角自动调节，是通过电脑控制完成的。如图 11-7 为捷达 SDI 发动机供油提前角自动调节装置。供油提前角调节阀 N108 受 PWM（脉宽调制）信号控制，其通电电流改变时，调节阀的开度随之改变，这样就可实现对弹簧室压力的调节。当 N108 调节阀开度增大时，弹簧式压力增加，正时柱塞右移、带动滚轮架逆时针旋转，供油延迟；当 N108 调节阀开度减小时，弹簧式压力降低，正时柱塞左移、带动滚轮架顺时针旋转，供油提前。

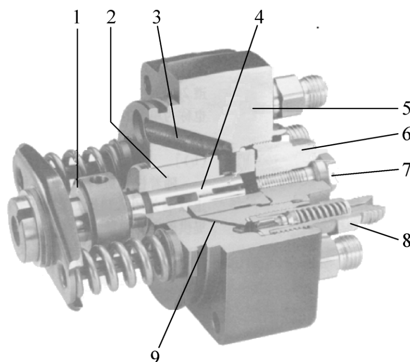



**图 11-6　分配泵头结构**

1—控制轴套　2—柱塞套　3—进油道　4—柱塞　5—泵盖　6—螺帽　7—放气螺钉　8—出油阀　9—分配油道

（4）供油控制电子执行器　电子执行器接收 ECU 控制信号，实现对控制轴套位置（即供油量）的控制。执行器的结构如图 11-8 所示。位置传感器信号为 ECU 提供反馈信号，可实现控制轴套位置的闭环控制。

供油量控制原理如图 11-9 所示。电子执行器 N146 通电电流受 ECU 控制，当其线圈通电电流增大时，调节轴受到的电磁转矩增大，调节轴驱动调节环（控制轴套）左移，供油量增加；当其线圈通电电流减小时，调节轴受到的电磁转矩减小，调节轴和调节环（控制轴套）一起右移、复位，供油量减少。

**3. 喷油器**

捷达 SDI 发动机喷油器结构如图 11-10 所示。它是普通的机械式喷油器。当高压油

图 11-7　捷达 SDI 发动机供油提前角自动调节装置

图 11-8　供油控制电子执行器和位置传感器

图 11-9　供油量控制与正时控制原理图

泵为喷油器供油时，燃油压力作用于针阀的承压锥面上，当承压锥面所受燃油推力大于弹簧力时，针阀上行将喷孔打开，高压燃油自喷孔喷入燃烧室内；当油泵供油停止时，针阀在弹簧的作用下复位、关闭。

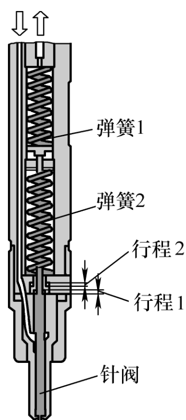



图 11-10　喷油器的结构



## 你学会了吗?

1. 电控分配泵，是如何实现对供油量调节的?
2. 电控分配泵，是如何实现供油提前角自动调节的?

# 第 50 天　电控分配泵柴油机电控系统



## 学习目标

1. 掌握电控分配泵柴油机电控系统的组成
2. 掌握电控分配泵柴油机电控系统的故障检测方法



## 基础知识

电控分配泵有位置控制方式和时间控制方式两种。捷达 SDI 发动机采用位置控制方式，其电控系统组成如图 11-11 所示。ECU 依据传感器输入信号，计算出目标喷油量和喷油提前角，并通过执行器实现对供油量和供油提前角的控制。ECU 还具有 EGR 控制、增压压力控制和预热控制等辅助功能。

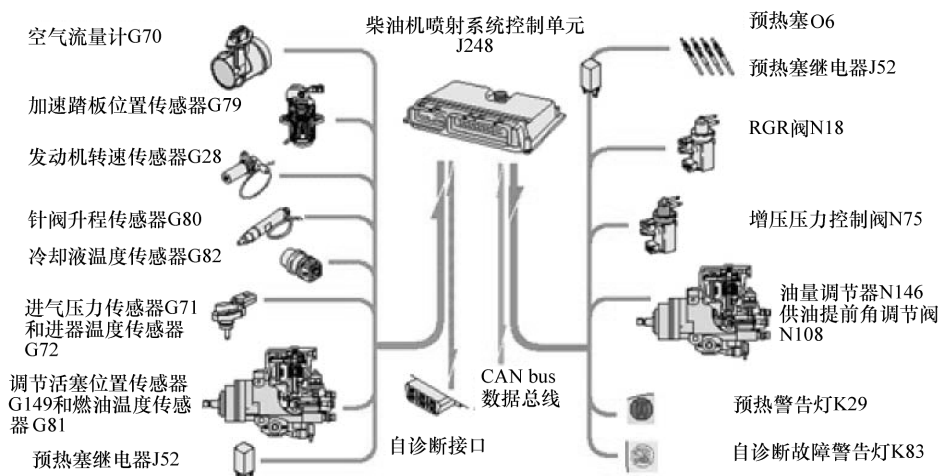



图 11-11 捷达 SDI 发动机电控燃油喷射系统

**1. 传感器**

（1）冷却液温度传感器（G62） 为 ECU 提供冷却液温度信号，此信号用于修正喷油量和喷油时刻等。

**故障影响**：G62 失效，将用燃油温度作为替代值或显示 –4.5°C，起动时有黑烟；总是有约 20s 的预热。

**检测方法**：在不同温度条件下，温度传感器电阻应符合图 11-12 规范，例如，30°C 对应的电阻值为 1500 ~ 2000Ω；80°C 对应的电阻值为 275 ~ 375Ω。

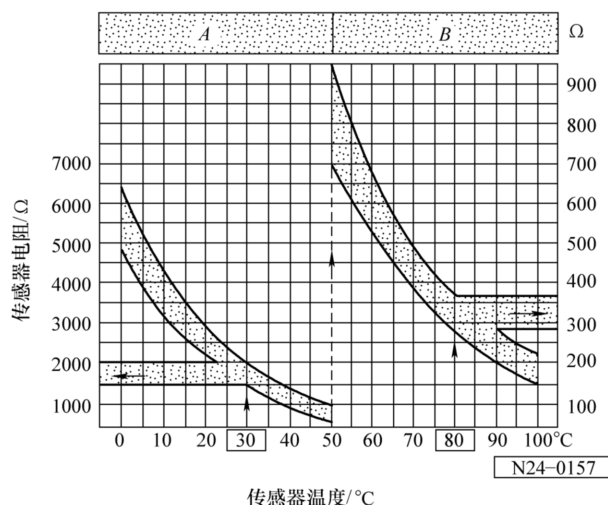



图 11-12 温度传感器规范

（2）发动机转速传感器（G28） 传感器安装于曲轴后端，信号用于控制喷油量和喷油时刻，传感器为感应式转速传感器。

**故障影响**：传感器失效，发动机不能起动；发动机熄火；预热时间控制灯 K29 闪烁；转速表不显示转速。

**检测方法**：G28 电阻应为 1.1～1.6kΩ。也可以用示波器检测转速传感器信号波形，来判断传感器的好坏。

（3）油量控制轴套位置传感器（G149） G149 安装于 VE 泵之内，为 ECU 提供控制轴套位置信号，便于 ECU 对轴套位置进行调节，以实现对供油量的控制如图 11-13 所示。

**故障影响**：行驶特性恶化，直至发动机熄火；预热时间控制灯 K29 闪烁。

**检测方法**：

◇拔下喷油泵 10 孔插头，测量端子 1 与 2 间及 2 与 3 间的电阻，标定值为 4.9～7.5Ω。

◇断开 10 孔插头，打开点火开关，测量端子 1 与搭铁、端子 3 与搭铁电压应约为 2.5V。

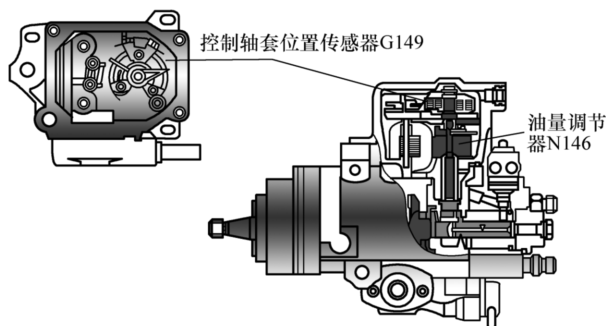



**图 11-13 控制轴套位置传感器**

（4）针阀升程传感器（G80） 针阀升程传感器安装于第 3 缸喷油器壳体内，用于确定喷油始点，以实现对喷油提前角的闭环控制。如图 11-14 所示。

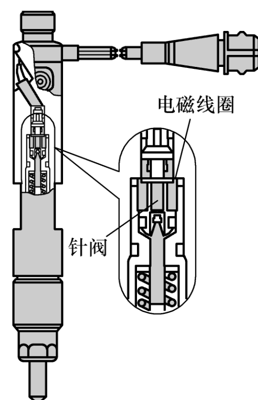



**图 11-14 针阀升程传感器**

**故障影响**：发动机功率损失；废气排放恶化；预热时间控制灯 K29 闪烁；无废气再循环功能；发动机运转粗暴。

**检测方法**：G80 电阻为 80Ω～120Ω。

（5）加速踏板位置传感器（G79） 加速踏板位置传感器 G79 安装在发动机舱内，通过绳索与加速踏板相连接。ECU 主要依据加速踏板位置传感器信号和转速信号控制发动机负荷。

**故障影响**：发动机高怠速运转；预热时间控制灯 K29 闪烁。

（6）燃油温度传感器（G81） 燃油温度传感器 G81 采用 NTC（负温度系数热敏电阻）制成。信号用于修正喷油量和喷油提前角。

**故障影响**：当燃油温度传感器 G81 失效，发动机 ECU 用替代温度 −5.4℃工作。发动机会出现功率损失大、排放恶化等现象。

**检测方法**：在不同温度条件下，进气温度传感器电阻应符合图 11-12 规范。

（7）进气温度传感器（G72） 进气温度传感器为 ECU 提供进气温度信号。信号用于喷油参数修正。

**故障影响**：当进气温度传感器失效后，发动机 ECU 用替代温度 136.8℃工作。

**检测方法**：在不同温度条件下，进气温度传感器电阻应符合图 11-12 规范。

**2. 执行器**

（1）控制油量调节器（N146） N146（图 11-15）是一个电磁执行器，接受 ECU 的 PWM 信号来调节控制轴套位置，从而实现对供油量的调节。油量调节器上的偏心轴转动时，可驱动控制轴套移动、调节油量。N146 依据 G149 信号对控制轴套位置进行闭环调节。

**故障影响**：行驶特性恶化直至发动机熄火；预热时间控制灯 K29 闪烁。

**检测方法**：

◇拔下喷油泵 10 孔插头，测量插头触头 5 和 6 的电阻值，标定值为 0.5～2.5Ω。

◇断开 10 孔插头，打开点火开关，测量端子 5 与搭铁应约为蓄电池电压（12V）。

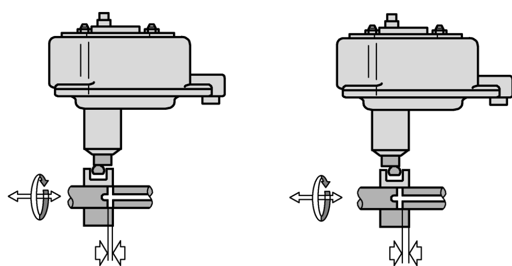


**图 11-15 控制油量调节器（N146）**

（2）喷油定时阀（N108） N108 接受 ECU 的执行信号，调节开度，改变弹簧室内的压力，从而驱动正时柱塞移动、滚轮架转动，实现供油正时调节。

**故障影响**：发动机运行粗暴，功率降低，排放恶化，冷起动性能变差。

**检测方法**：关闭点火开关，拔下喷油泵插头，测量插头插脚 9 与 10 间的电阻，应为 12～20Ω。

（3）废气再循环阀（N18） N18 接收发动机控制单元发出的控制信号，来控制废气再循环阀的动作。

**故障影响**：如果 N18 出现故障，则废气再循环系统停止。

**检测方法**：可以通过故障诊断仪读取数据块中废气再循环显示值。电磁阀本身电阻标定值为 14～20Ω。

**3. 电控燃油喷射系统喷油量控制策略**

1）根据转速和加速踏板位置两个基本信号确定发动机所处的运行工况，计算基本喷油量。

2）通过查询脉谱图（MAP）确定控制参数。

3）根据进气压力、进气温度和燃油温度等信息修正基本喷油量（$Q$），获得目标喷油量（$Q_r$）。

4）根据变换 MAP（喷油量和调节滑套位移关系图），计算目标调节滑套位移。



**你学会了吗?**

1. N146 损坏对发动机有何影响?
2. 油量控制轴套位置传感器（G149）如何进行检测?

# 第 51 天　电控分配泵系统检修入门



**学习目标**

1. 掌握捷达 SDI 发动机喷油泵拆装技能
2. 掌握捷达 SDI 发动机喷油器拆装技能
3. 学会使用喷油器检验设备检验喷油器
4. 掌握分配泵柴油机常见故障原因



**基础知识**

## 一、捷达 SDI 喷油泵拆装

**1. 拆卸**

1）拆去空气滤清器；拆去上齿带护罩；拆去气门室盖。

2）旋转曲轴至 1 缸压缩上止点，使得飞轮上的记号与离合器上的标志对齐（图 11-16）。

3）用调整塞规插入凸轮轴后端，如不能插入将发动机再转一圈（图 11-17）。

4）断开 ECU 与油泵连接电缆的接插件。

5）拆卸所有的高压油管、喷油泵的进、回油管，拆卸前要先做好管路插头的清洁工作。

6）用塑料堵封住所有的接头和油孔。

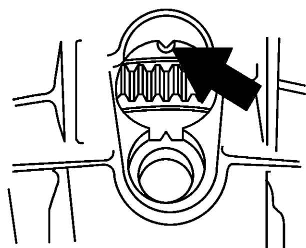


图 11-16　1 缸上止点标记

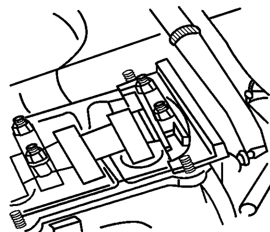


图 11-17　凸轮轴定位

7）拆卸油泵螺栓 1（图 11-18）（注意螺母 2 不能松）；松开张紧轮螺母，使得齿带松弛、与喷油泵带轮和凸轮轴带轮分离；取出喷油泵传动带轮。

8）拆下喷油泵支架螺栓（图 11-19a 中螺栓 1），松开喷油泵后支架螺栓（图 11-19b 箭头所示），取下喷油泵。

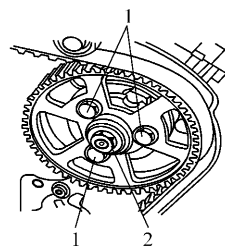



图 11-18　拆卸油泵螺栓

**2. 安装**

1）将喷油泵推入安装支架。旋入喷油泵后支架螺栓；旋入喷油泵支架螺栓并按规定力矩拧紧（25N·m）。

2）用新的连接螺栓将喷油泵驱动带轮松套在油泵接盘上。用设定销锁住喷油泵接盘。

3）检查发动机 1 缸上止点标志。用专用工具固定凸轮轴带轮，松开凸轮轴带轮螺栓接近 1 圈。

4）用手锤轻敲凸轮轴带轮使其与凸轮轴脱开。

5）安装齿带，拔下设定销。

6）用专用扳手转动张紧轮偏心轮，使张紧轮上的凸起标志对齐、传动带张紧（图 11-20）；然后锁紧张紧轮螺母（力矩 25N·m）。

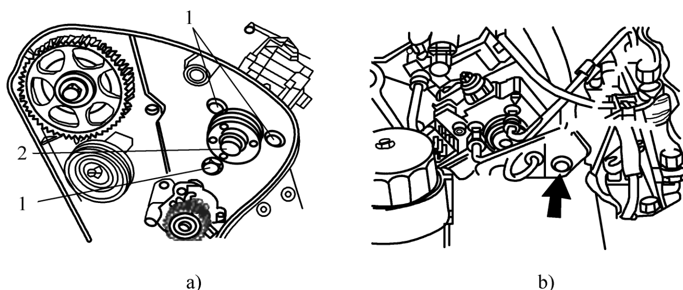



图 11-19　油泵固定螺栓拆卸

7）锁紧喷油泵驱动齿轮螺栓（力矩 25N·m）；锁紧凸轮轴螺栓（力矩 45N·m）。

8）从凸轮轴上取出调整塞规；连接喷油泵线束及油管。

9）将真空泵（带集油容器）连接到喷油泵回油接头上，使用真空泵抽吸，直到喷油泵内无空气为止（图 11-21）。

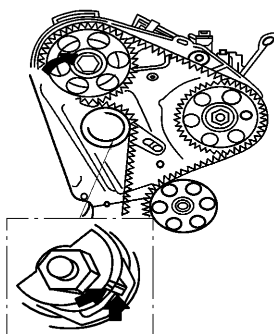


图 11-20　张紧轮标记

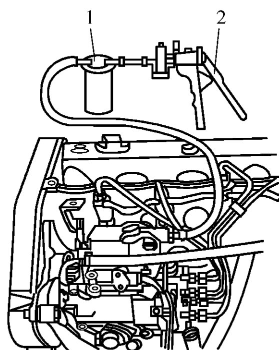



图 11-21　真空泵抽吸

10）安装齿带护罩和气门室盖。

11）起动发动机，目测燃油系统的密封情况。

## 二、捷达 SDI 喷油器的拆装与检验

**提示**：有故障的喷油器会导致发动机功率下降、过量的排黑烟、燃油消耗过大、发动机过热和发动机工作粗暴等现象。经断缸测试发现某缸工作不良时，需要拆下喷油器进行检验。

**1. 拆卸**

（1）拆下发动机罩盖；拆下油管；拔出回油空心螺栓（3 缸喷油器）。

注意：高压油管应整体拆卸。不要折弯，使之改变形状。

（2）拆下固定螺栓，取出压板，取出喷油器。

**2. 安装**

**提示**：每次拆卸喷油器后，都应更换缸盖和喷油器之间的铜制密封垫。

（1）放入喷油器。

（2）安装压板并拧紧固定螺栓。

安装力矩：喷油管为 25N·m；回油空心螺栓为 10N·m；压板螺栓为 20N·m。

**3. 喷油器检验**（图 11-22）

（1）就车检验　连接大众车系诊断仪 VAG1552。选取功能 08；选取功能数组 013，检测各缸喷油器每个工作循环喷油量。如果某缸喷油器喷油量超出公差范围，将故障缸喷油器与其他缸对调，当故障随喷油器一起转移，则更换喷油器。故障不随喷油器转移，应检查缸压；如缸压正常，更换故障缸出油阀组件。

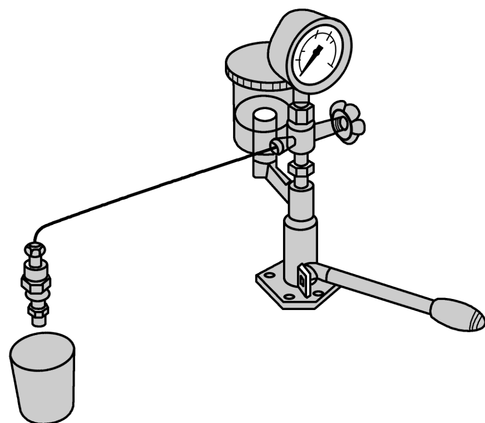


**图 11-22　喷油器检验**

（2）拆卸检验（喷油压力检测）

① 将喷油器安装到喷油器检验设备上，打开压力表。

② 压下检验泵杠杆。读取喷油开始时的起始喷油压力。当起始压力与规范值存在偏差时，更换喷油器。新喷油器压力规范为 19～20MPa；磨损极限为 17MPa。

③ 往下压检验泵杠杆，并在压力约 15MPa 时，保持 10 秒，喷油器不应有燃油渗漏。当有渗漏时，更换喷油器。

**4. 故障诊断**

（1）发动机不能起动或起动困难

1）ECU 供电不正常。如电源或搭铁开路；熔断器熔断；点火开关损坏等。

2）低温环境下，预热系统有故障。

3）油箱液位过低，管路漏气致使空气进入燃油系统中；油箱呼吸器堵塞，形成真空。

4）发动机气缸压力过低。如气缸、气门密封不良等。

5）废气再循环系统故障。

6）冷却液温度传感器、控制套筒位置传感器、喷油量调节执行器、加速踏板位置传感器、发动机转速传感器和针阀运动传感器等电控系统元件及线路故障。

7）喷油器故障。

8）喷油泵故障。

10）发动机 ECU 故障。

（2）怠速不良

1）离合器开关、制动开关、制动灯开关及相关线路故障。

2）喷油器、喷油泵及燃油管路故障。

3）控制单元故障。

4）空调系统故障。

（3）动力不足、燃油消耗过高

1）废气再循环故障。

2）进气系统故障。

3）喷油量调节装置故障。

4）发动机 ECU、传感器、执行器及线路故障。

5）发动机气缸压力不足。



## 你学会了吗？

1. 如何拆装捷达 SDI 发动机喷油泵?
2. 捷达 SDI 发动机喷油器的检测方法有哪些? 就车检验如何进行?
3. 捷达 SDI 发动机动力不足、燃油消耗过高的常见原因有哪些?

# 第十二章

# 电控单体泵柴油机检修入门

## 第 52 天　电控单体泵柴油机概述

### 学习目标

1. 了解电控单体泵柴油机类型
2. 掌握电控单体泵柴油机燃油系统的结构及工作原理

### 基础知识

电控单体泵供油系统是时间控制的模块式结构，发动机每个气缸都配有一个单独的模块，主要组件有整体插入式高压泵、电磁阀、机械喷油器和高压油管。

电控单体泵燃油系统核心部件是喷油泵。在结构形式上单体泵有外挂式单体泵和单体组合泵两种。单体组合泵外观上更像机械式喷油泵，不同之处在于单体组合泵各缸油泵之间相互独立，只是油泵驱动共用一根较短的凸轮轴，如图 12-1 为雷沃 Phaser 发动机采用的单体组合泵。

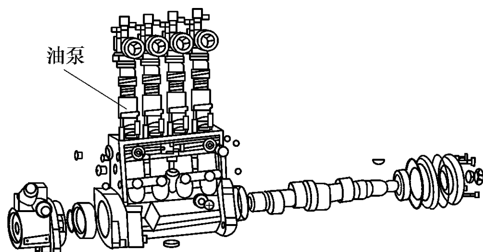



**图 12-1　雷沃 Phaser 发动机单体组合泵**

外挂式单体泵（图 12-2）每个泵单独安装，油泵直接由发动机凸轮轴驱动（凸轮轴上除了有用于驱动进排气门的凸轮外，还设有驱动油泵的凸轮，其数量等于气缸数），大柴道依茨 BFM1013/2012E3 发动机就为这种类型。

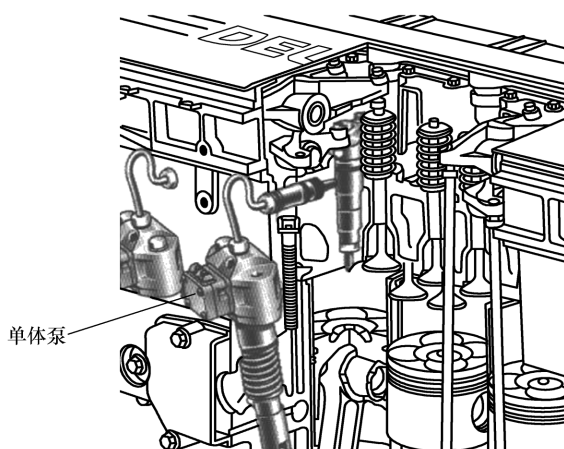



图 12-2　外挂式单体泵发动机

## 一、电控单体泵燃油系统构成

电控单体泵燃油系统包括低压油路和高压油路两部分，如图 12-3 所示为大柴道依茨发动机单体泵系统。

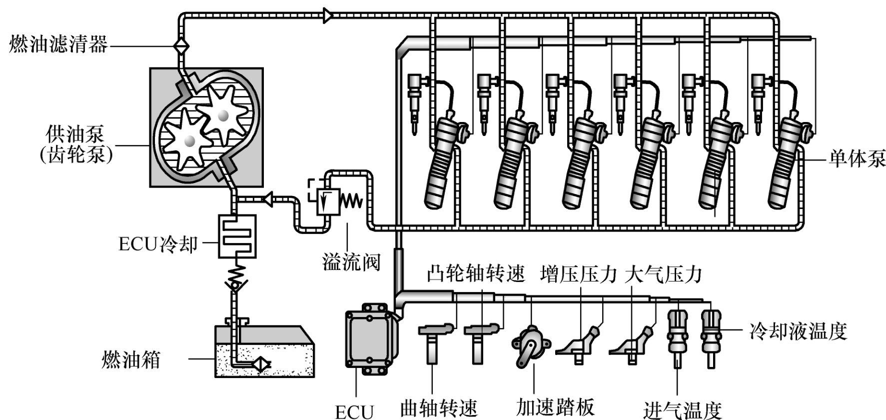



图 12-3　电控单体泵燃油系统

**1. 低压油路**

低压油路包括燃油箱、输油泵、燃油滤清器（粗滤器、细滤器）及油管等，低压油路的作用是建立初级燃油压力（低压压力一般 5bar 左右），实现为高压油泵供油。柴油从燃油箱被吸出，经过输油泵进入柴油滤清器，经过滤之后，供给单体泵。多余的燃油经溢流阀返回齿轮泵入口。有些发动机燃油回油通道铸在气缸体上。

**2. 高压油路**

高压油路包括单体泵及电磁阀、高压油管和机械喷油器。单体泵负责为燃油二次建压、为喷油器供油；电磁阀受 ECU 控制，ECU 通过控制电磁阀通电时间，实现对喷油量和供油时刻的控制。机械喷油器与机械泵柴油机并无本质差异。

## 二、单体泵供油原理

博世 EDC16UC40 电控单体泵（用于一汽大柴道依茨柴油机）结构如图 12-4 所示。

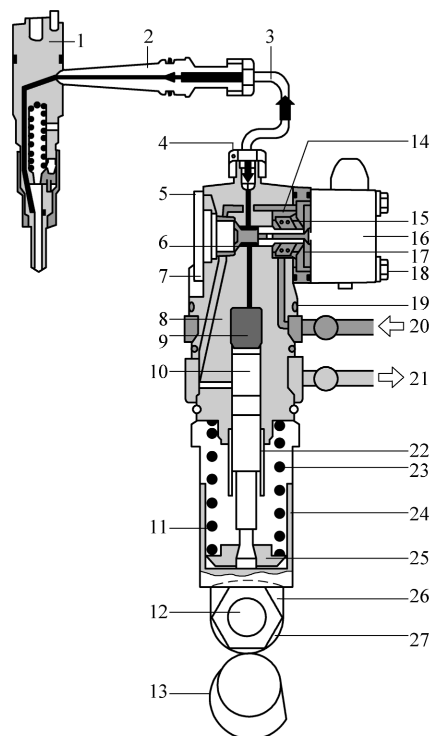



**图 12-4　大柴道依茨柴油机的单体泵结构**

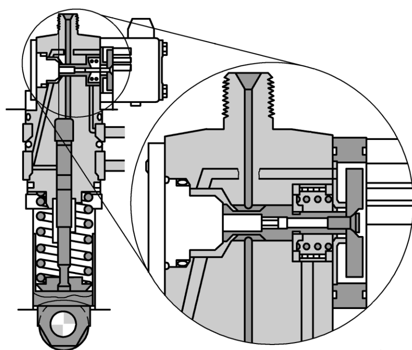
1—喷油器体　2—高压接头　3—高压油管　4—高压油管接头　5—行程限位　6—电磁针阀　7—盘　8—泵体　9—高压腔　10—柱塞　11—发动机体　12—滚轮销　13—凸轮　14、25—弹簧座　15—弹簧　16—阀壳体　17—输轴盘　18—中间盘　19—密封圈　20—进油　21—回油　22—柱塞导向部分　23—柱塞回位簧　24—挺住体　26—滚轮体　27—滚轮

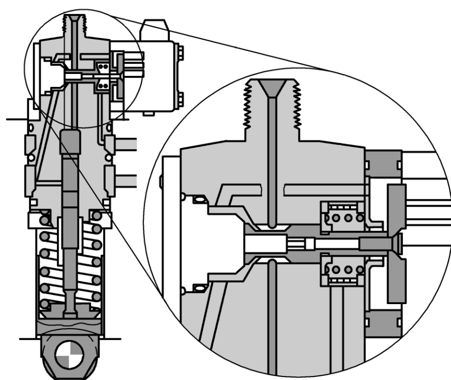
电控单体泵喷射系统的工作过程分为以下几个阶段：电磁溢流阀断电时，回油道打开，单体泵内的柱塞即使上行泵油，也不能建立高压，这是因为加压燃油经回油道返回了低压腔；当电磁溢流阀通电时，回油油道关闭，柱塞上方空间密闭、油压迅速升高，开始为喷油器供油。电磁阀断电时，回油油道打开，迅速溢流卸压，喷油停止。电磁溢流阀通电的持续时间决定了循环供油量。具体工作情况如下

（1）充油过程　当柱塞下移时，电磁阀一直断电、打开，高压腔内部压力低于低压油路的燃油压力，此时低压系统燃油通过进油口进入高压腔内。

（2）旁通过程　当柱塞换向上行时，柱塞腔压力上升，只要电磁阀处于断电、开启状态（图 12-5），高压腔燃油不断回流到低压油路。

（3）喷射过程　在柱塞供油行程中，当 ECU 在某一个特定的时刻发出喷油指令时，电磁阀通电，回油通道被关闭，高压腔密闭（图 12-6）。随着柱塞上升，封闭容积中的燃油被压缩，压力迅速上升，当此压力超过喷嘴开启压力（220 ~ 230bar）时，针阀开启，燃油喷入气缸内。


图 12-5　电磁阀断电打开


图 12-6　电磁阀通电关闭

（4）卸荷过程　当电磁阀断电、回油通路接通后，高压燃油经回油通路返回低压油路，喷油器重新关闭，喷油结束。


**你学会了吗？**

1. 叙述电控单体泵供油原理。
2. 电控单体泵有哪两种类型？结构上各有何特点？

## 第 53 天　电控单体泵柴油机电控系统


**学习目标**

1. 了解 ECU 的基本功能和辅助功能
2. 掌握电控单体泵柴油机电控系统的组成和工作原理


**基础知识**

电控单体泵柴油机电控系统和其他电控发动机一样，也是由电子控制单元（ECU）、传感器及开关输入电路、执行器电路所组成。下面以一汽大柴道依茨电控单体泵发动机为例，介绍其博世 EDC16UC40 电控系统的结构原理。

### 一、电子控制单元 ECU

电控单元是电子控制系统的核心，它由单片机硬件电路和控制软件组成。负责传感器及开关信号的采集、处理和计算，并依据运算结果发出控制指令、控制执行器（如喷油

泵电磁阀）工作。ECU 也具有诊断功能，记录电控喷射系统故障。

ECU 基本功能包括喷油量和喷油时刻控制、优化发动机燃烧和控制排放等。除了基本功能外，ECU 还有以下辅助功能。

（1）冷起动辅助控制　ECU 根据环境情况控制冷起动辅助装置，提高发动机冷起动性能。

（2）怠速控制　通过油量调节，稳定怠速转速；在低温环境下提高发动机怠速转速，快速热车。

（3）空调怠速提升控制　开启空调后，提升发动机怠速转速。

（4）自动巡航控制　在不踩加速踏板的情况下，车辆可维持在一个设定速度下行驶，并且该设定车速可通过开关调节。

（5）发动机转速限制　限制发动机的最高转速。当转速超过限值时，ECU 控制断油。

（6）最高车速限制　限制车辆的最高车速。

（7）排气辅助制动控制　控制排气制动工作。

（8）PTO 功能　控制发动机在一个比怠速高的设定转速下工作，并且该设定转速可通过开关选择不同的 PTO 转速。

## 二、传感器

### 1. 曲轴转速传感器

安装在发动机前端，为磁电式传感器。为发动机提供转速信号。信号用于对发动机进行精确的定时和油量控制。

传感器检测：测量传感器连接器中 1 号触针与 2 号触针间的电阻，约 1000Ω 左右。

### 2. 凸轮轴转速传感器

为 ECU 提供判缸信号，为磁电式传感器。

传感器检测：测量传感器插接器中 1 号触针与 2 号触针间的电阻，约 1000Ω 左右。

### 3. 冷却液温度传感器

为 ECU 提供冷却液温度信号。表 12-1 为不同温度条件下的，冷却液温度传感器的电阻值规范。

**表 12-1　EDC16UC40 电控系统的冷却液温度传感器电阻规范**

| 温度 $t$/℃ | 阻值 $R$/kΩ | 温度 $t$/℃ | 阻值 $R$/kΩ |
|---|---|---|---|
| -40 | 40.49 ~ 50.14 | 50 | 0.80 ~ 0.87 |
| -30 | 23.58 ~ 28.65 | 60 | 0.57 ~ 0.62 |
| -20 | 14.10 ~ 16.83 | 70 | 0.42 ~ 0.45 |
| -10 | 8.64 ~ 10.15 | 80 | 0.31 ~ 0.33 |
| 0 | 5.47 ~ 6.23 | 90 | 0.24 ~ 0.25 |
| 10 | 3.54 ~ 4.04 | 100 | 0.18 ~ 0.19 |
| 20 | 2.35 ~ 2.65 | 110 | 0.14 ~ 0.15 |
| 25 | 1.94 ~ 2.17 | 120 | 0.11 ~ 0.12 |
| 30 | 1.62 ~ 1.80 | 130 | 0.066 ~ 0.093 |
| 40 | 1.12 ~ 1.23 | 140 | 0.068 ~ 0.074 |

**4. 进气压力温度传感器**

这是个集成式传感器。它向 ECU 提供中冷后的进气温度和进气压力信号。压力敏感原件为硅膜片式，温度敏感元件为负温度系数的热敏电阻式。压力测量范围为 0. 5bar ~ 4bar，输出信号为 0. 5V ~4. 5V。温度测量范围为 −40℃ ~128℃，温度传感器电阻应符合表 12-2 规范。

**表 12-2　EDC16UC40 电控系统的进气温度传感器电阻规范**

| 温度 $t$/℃ | 阻值 $R$/kΩ | $R$ 偏差（%） | 温度 $t$/℃ | 阻值 $R$/kΩ | $R$ 偏差（%） |
|---|---|---|---|---|---|
| −40 | 48. 15 | ±5. 92 | 50 | 0. 85 | ±3. 75 |
| −30 | 26. 85 | ±5. 60 | 60 | 0. 61 | ±3. 58 |
| −20 | 15. 61 | ±5. 31 | 70 | 0. 12 | ±3. 43 |
| −10 | 9. 43 | ±5. 04 | 80 | 0. 33 | ±3. 28 |
| 0 | 5. 89 | ±4. 78 | 90 | 0. 25 | ±3. 20 |
| 10 | 3. 79 | ±4. 56 | 100 | 0. 19 | ±3. 00 |
| 20 | 2. 51 | ±4. 33 | 110 | 0. 14 | ±3. 13 |
| 30 | 1. 72 | ±4. 12 | 120 | 0. 11 | ±3. 25 |
| 40 | 1. 20 | ±3. 93 | 130 | 0. 09 | ±3. 36 |

**5. 加速踏板位置传感器**

为 ECU 提供加速踏板位置信息。当加速踏板传感器失效时，ECU 会自动执行“跛行功能”，怠速会稳定在 1200rpm 左右。

**6. 机油压力传感器**

机油压力信号主要用于发动机保护。

## 三、执行器

喷油泵电磁阀用于喷油量和喷油正时控制。ECU 通过控制电磁阀通电时刻和通电时间来控制喷油时刻和喷油量。

## 四、排气制动控制电路

EDC16UC40 电控系统排气制动控制电路如图 12-7 所示。发动机起动后，排气制动开关置于 ON 档，使发动机转速超过 1000r/min，松开加速踏板，排气制动功能被激活，同时排气制动指示灯点亮。如果排气制动开关置于 OFF 档或发动机转速低于1000r/min或踩下加速踏板，则排气制动功能会被取消，排气制动指示灯熄灭。

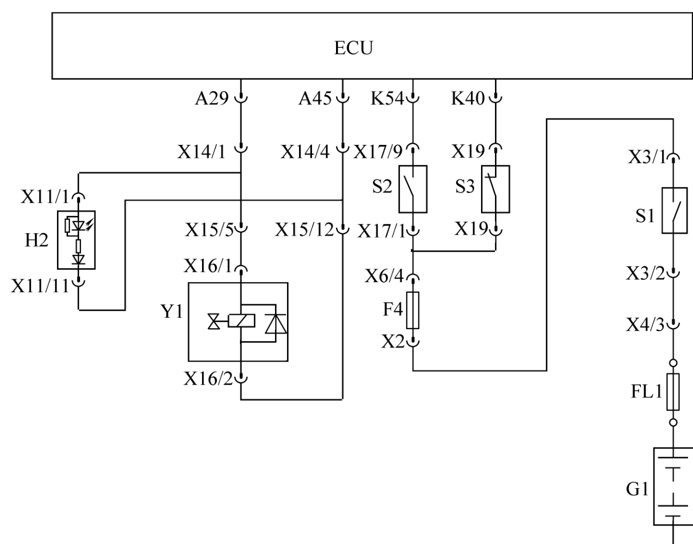



**图 12-7　排气制动控制电路**

H2—排气制动指示灯　Y1—排气制动电磁阀　S2—排气制动开关

S3—离合器开关　F4—排气制动熔丝　S1—点火开关　FL1—点火开关熔丝　G1—蓄电池



## 你学会了吗?

1. ECU 的功能有哪些?
2. 排气制动激活的条件有哪些?

# 第 54 天　电控单体泵系统检修入门



## 学习目标

1. 掌握电控单体泵喷油器拆装与检测方法
2. 掌握泵体单元拆装技能
3. 学会诊断电控单体泵柴油机常见故障



## 基础知识

### 一、喷油器检修

**1. 拆装**

1）清洁喷油器和高压油管周围区域。

2）松开高压油管两端的锁紧螺母，取下高压油管，并妥善保管。

3）松开喷油器压板螺栓，取下压板。

4）取出喷油器和密封垫圈。

**2. 喷油器开启压力检查**

1）将喷油器安装到喷油器检验仪上。

2）开启测压计，慢慢压下喷油器杠杆，在压力表指针突然下降点的压力即为开启压力。开启压力规范值为220～230bar（大柴道依茨发动机）。当喷油压力低于规范值时，应进行压力调整；如果为不可调型，则需要更换喷油器。

3）将压力调整至接近开启压力，按住压杆不动，观察喷油器是否有滴油现象，如果滴油，则更换喷油器。

**3. 安装**

1）清洁喷油器安装孔，更换喷油器密封垫圈。

2）将喷油器装入安装孔中，安装压板，拧紧固定螺栓。

## 二、EUP泵体单元（雷沃发动机WP2000单体组合泵）的更换

**1. 拆卸**

更换泵体单元时，先交替松开锁紧螺母，然后盘转曲轴，靠凸轮顶出泵体单元；取出泵体单元、柱塞、大弹簧和大弹簧座（图12-8）。

**2. 装配**

将柱塞与大弹簧、大弹簧座连接好后放到泵体内。将泵体单元放入泵箱内，转动凸轮轴使凸轮旋转到低点，将法兰穿过双头螺柱，直到双头螺柱螺纹露出，交替拧紧锁紧螺母。

## 三、EUP泵体单元电磁铁的更换

将电磁铁后盖拧开，依次取下电磁铁和电磁铁密封圈（图12-9），更换电磁铁和电磁铁密封圈。装配前，将电磁铁密封圈套到电磁铁前端环槽上，给胶圈抹适量硅脂。装配时，电磁铁一定要装配到位，否则会造成漏油。最后拧紧电磁铁后盖，拧紧力矩为38～42N·m。

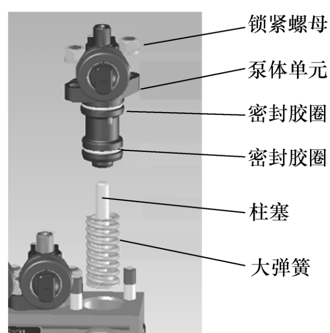



图12-8　拆卸泵单元

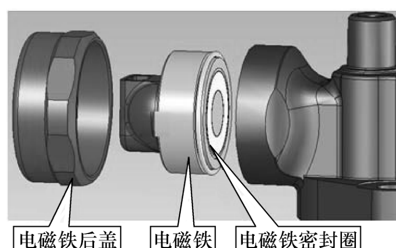



图12-9　电磁阀更换



## 维修案例

**案例 1**

**故障现象**：一台装有玉柴 YCA66D2 国Ⅲ发动机（配备衡阳电控单体组合泵）的东风自卸车，拖动正常，但无法起动。

故障诊断与排除：松开进油管接头，用手油泵泵油、排气，有燃油排出，没有空气。单独使用凸轮轴或曲轴传感器也无法起动，再更换凸轮轴传感器和曲轴传感器也无效果。连接故障诊断仪读取故障码，无故障显示。松开第 1 缸的油管接头，电动机拖动发动机，没有油喷出。对低压油路全面拆检，拆下精滤后发现有结蜡现象（油品不佳），更换燃油、清理油路和油箱后，故障排除。

**案例 2**

**故障现象**：一台装有玉柴 YC4D140－30（国Ⅲ电控单体组合泵）发动机的客车，加油时冒黑烟。

**故障诊断与排除**：连接诊断仪，采集数据，无故障码，数据流也无异常。进行断缸检查，在松开第 3 缸高压油管插头时，发现冒黑烟现象消失。将第 3 缸喷油器与第 1 缸喷油器对调后运转发动机，3 缸工作仍然不佳。更换第 3 缸 EUP（泵单元）后，试车，冒烟现象消除。



## 你学会了吗?

1. 如何拆装泵体单元?
2. 如何使用喷油器检测仪检查喷油器?

# 第十三章

# 柴油机排放控制与后处理系统检修入门

## 第 55 天　柴油机排放控制与后处理技术概述

**学习目标**

1. 了解柴油机实现国Ⅳ排放的两条技术路线
2. 了解 SCR 系统的工作原理
3. 掌握颗粒捕捉器 DPF、部分颗粒氧化净化器 POC 和氧化催化器 DOC 的作用，以及三者之间差异

**基础知识**

### 一、柴油机主要污染物质

发动机的主要污染物质包括：碳氢化合物 HC、一氧化碳 CO、氮氧化物 $NO_X$ 和颗粒物 PM。柴油机与汽油机相比，颗粒物和氮氧化物排放量较高（图 13-1）。

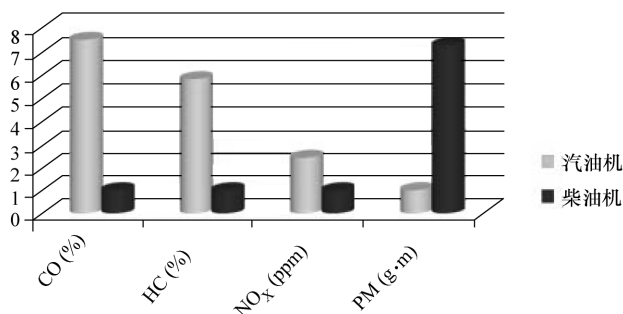



图 13-1　汽油机与柴油机排放污染物对比

**1. HC**

HC 的生成取决于发动机的设计和运行因素。发动机运行中，混合气过浓或过稀、燃烧条件差、窜机油或温度过低等都会产生 HC。柴油机排出 HC 主要是未燃烧的燃料、分解的燃料分子和少量的氧化反应的中间产物。HC 的某些烃类光化学反应活性很强，可与空气中的 $NO_2$结合，在阳光下形成以 $O_3$（臭氧）为主的光化学烟雾，刺激人的眼睛和呼吸器官，造成呼吸困难。

**2. CO**

CO 主要是由于燃料燃烧时，$O_2$相对不足，燃料中的 C 不能完全燃烧所致，多由于混合气不均匀燃烧、缸内温度低生成的。CO 被吸入人体，很容易与血红蛋白结合，导致缺氧使人窒息，严重时危及生命安全。

**3. $NO_X$**

$NO_X$ 是由空气中 $N_2$和 $O_2$在燃烧室的高温、富氧条件下反应生成的。$NO_X$ 主要以 NO 的形式出现，还有少量的 $NO_2$。$NO_X$ 可以与某些烃类发生化学反应，生成光化学烟雾。

**4. PM**

PM 是由于柴油机燃烧时，燃料与空气混合不均匀，造成局部过浓，在高温缺氧情况下产生的。PM 中含有可致癌的物质，容易被人体吸入并沉积在肺内。

## 二、柴油机排放限值

当前在中国，压燃式发动机与汽车已经实施国Ⅳ标准。表 13-1 为各阶段国标排放限值。

**表 13-1　柴油机国标排放限值**

| 排放标准 g/km・h | CO | HC | $NO_X$ | PM | 烟度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 国Ⅰ | 4.5 | 1.1 | 8 | 0.61 | |
| 国Ⅱ | 4 | 1.1 | 7 | 0.15 | |
| 国Ⅲ | 2.1 | 0.66 | 5 | 0.1 | 0.8 |
| 国Ⅳ | 1.5 | 0.46 | 3.5 | 0.02 | 0.5 |

柴油机排放控制的重点 PM 和 $NO_X$。为了满足国Ⅳ及以上排放要求，控制 PM 和 $NO_X$ 的排放，国Ⅳ柴油机上均加装了后处理系统。

## 三、柴油机实现国Ⅳ排放的技术路线

实现国Ⅳ排放，可供选择的技术路线有两条。路线一：电控柴油机＋EGR（机内净化）＋颗粒捕捉器（后处理）。路线二：电控柴油机＋SCR（后处理）。

**1. 电控柴油机＋EGR**（机内净化）**＋颗粒捕捉器 DPF**（或 POC、DOC）**技术路线**

$NO_X$生成条件是高温、富氧的反应条件，而 PM 则生成于不完全燃烧，这使得两者控制成为一对矛盾。

EGR 系统适时将适量的废气导入到气缸内，降低缸内最高温度、抑制 $NO_X$ 的生成量。缸内温度的降低，使得颗粒物（PM）的生成量较高，为此在排气管上增设 DPF

（颗粒捕捉器），将 PM 过滤掉。

**2. 电控柴油机 + SCR 技术路线**

通过优化燃烧（优化燃烧技术包括优化增压控制，采用多次喷射、超高压喷射等）降低 PM 排放；为控制 $NO_X$ 排放，采用向排气管中喷入尿素的方法来将 $NO_X$ 还原为无害的氮气和水。此路线在国内中重型柴油机上，普遍被采用。

## 四、SCR 技术

**1. SCR 系统组成**

SCR 系统组成如图 13-2 所示。它由储存尿素的尿素箱、为尿素建压的尿素泵、负责将尿素喷入排气管的喷嘴、对进行 $NO_X$ 还原反应的后处理器总成等组成。在尿素箱上有检测尿素液位和温度的传感器，当尿素箱温度低于一定值时，ECU 会控制接通加热水路、为尿素箱加热，以防止尿素水溶液冻结（尿素水溶液冰点为 -11.5℃）。安装在后处理器总成上的 $NO_X$ 传感器，负责监测排气中的 $NO_X$ 浓度。

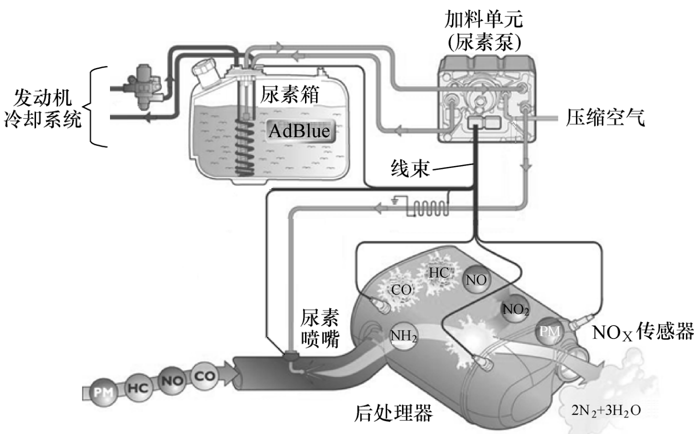



图 13-2 SCR 系统组成

**2. SCR 系统工作原理**

SCR 系统控制原理如图 13-3 所示。当排气温度超过 200℃时，电控单元依据转速

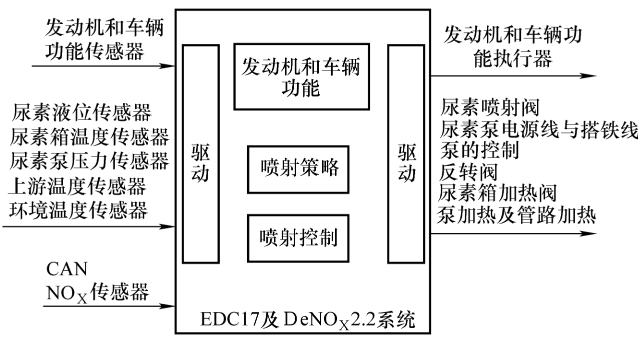



图 13-3 BOSCHEDC17 系统的尿素喷射控制

及其他传感器信号计算出当前工况的尿素喷射量，控制将一定量的尿素喷入 SCR 催化器（后处理器）入口前端。

在排气管的混合区，尿素遇高温分解成 $NH_3$ 和 $H_2O$，与排气充分混合后进入 SCR 反应装置。在催化反应区，在催化剂作用下，$NH_3$ 和 $NO_X$ 反应生成 $N_2$ 和 $H_2O$，排到大气中（图 13-4）。整个处理过程的反应式如下。




**图 13-4　SCR 催化器**（后处理器）**结构**

①—扩散区　②—催化器砖（反应区）
③—消声部分

尿素水解为氨气：（尿素喷射系统）

$CO(NH_2)_2 + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2$　（要求温度 200℃以上）

SCR 后处理反应：（在催化剂作用下）

$NO + NO_2 + 2NH_3 \rightarrow 2N_2 + 3H_2O$

$4NO + O_2 + 4NH_3 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$

$2NO_2 + O_2 + 4NH_3 \rightarrow 3N_2 + 6H_2O$

**3. SCR 的类别**

（1）独立控制与集中控制　独立控制方式的 SCR 系统，尿素喷射控制由单独的控制单元 DCU（康明斯 ISF3.3 发动机）或智能尿素泵（康明斯 ISM 发动机）完成，发动机 ECU 只负责为 DCU 或智能尿素泵提供发动机工况信息。

集中控制方式的 SCR 系统，没有单独的尿素喷射控制模块，发动机 ECU 负责尿素喷射控制。潍柴 WP12E4 共轨柴油机所采用的 EDC17 电控系统就是这种类型。

（2）气助式 SCR 与非气助式 SCR　气助式 SCR 系统，有压缩空气参与，尿素喷嘴喷出的是尿素与空气的混合物。这种 SCR 系统关闭时（如关闭点火开关），利用压缩空气很容易将残留到管路和尿素泵内的尿素排空。

非气助式 SCR 系统，没有压缩空气参与，系统排空时，用尿素泵将残留在喷嘴管路中的尿素倒吸回尿素箱。

## 五、颗粒捕捉技术

**1. 颗粒捕捉器 DPF**（DieselParticulateFilter）

如图 13-5 所示颗粒捕捉器 DPF（DieselParticulateFilter）是一种安装在柴油发动机排放系统中的陶瓷过滤器，它可以在纳米微粒排放物质进入大气之前将其捕捉。滤孔开度均可小于 40～80μm，过滤效率可高达 95%～99.5%。

DPF 安装在柴油机排气管上，排气通过时，PM 被滤芯吸附过滤。但随着工作时间的增加，滤芯内部 PM 增加，导致排气背压升高，将影响柴油机的动力性的经济性。清除滤芯上的 PM 被称作 DPF 的再生。DPF 面临的最大挑战就是再生问题，使得它在国内应用受到限制。

**2. 部分颗粒氧化净化器 POC**（ParticleOxidationCatalysis）

如图 13-6 所示 POC 为带催化剂涂层的通透式部分 DPF，成本较低。其主要特点有开放式蜂窝结构、免维护、效率较低（上限 50%）、与氧化型催化转化器集成一体。缺点是对 PM 的过滤效果较低，适用于柴油机国Ⅳ排放标准使用。




图 13-5　连续再生式 DPF

**3. 氧化催化器 DOC**（Dieseloxidationcatalysts）

氧化催化器 DOC 主要是通过催化剂作用下的氧化反应除去微粒物中的可挥发有机物（SOF），减少 PM 排放，同时可除去排气中的 HC，CO 等污染物。其结构与汽油机三元催化转换器（TWC）相似如图 13-7 所示。

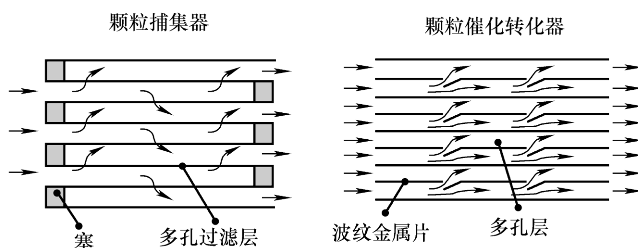



图 13-6　DPF 与 POC 结构差异

氧化催化器通常是以陶瓷蜂窝体或者金属蜂窝体为载体，其上负载氧化物涂层和活性金属成分。常用的活性金属组分有贵金属 Pt（铂）、Pd（钯）等。氧化催化剂对微粒物的净化性能受柴油品质，特别是硫含量的影响较大。

DOC 要严格控制工作温度在 200～300℃。工作温度小于 150℃时，催化剂基本不起作用；大于 350℃后，会导致大量硫酸盐生成。

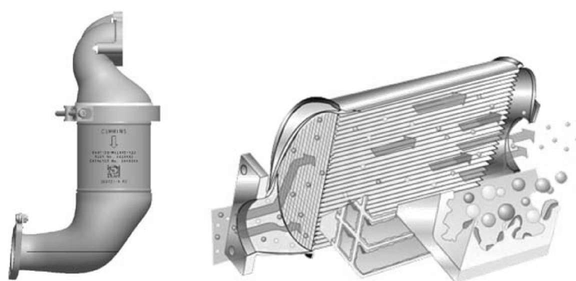


图 13-7　DOC 结构

## 六、EGR 技术

EGR 是一项通过降低缸内最高温度，降低 $NO_X$ 生成的机内净化技术。ECU 通过控制 EGR 阀，将一定量废气导入到气缸内，降低气缸内的燃烧温度和稀释氧气，抑制 $NO_X$ 的生成量如图 13-8 所示。

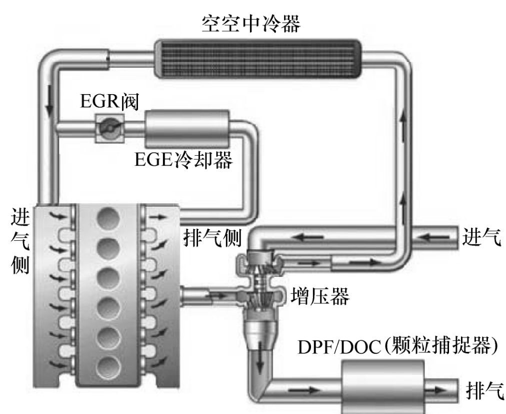



图 13-8　EGR 系统组成



**你学会了吗?**

1. 柴油机实现国Ⅳ排放的两条技术路线是什么?
2. DPF、POC、DOC 的作用是什么，三者之间有何差异?

# 第 56 天　气助式 SCR 系统检修入门



**学习目标**

1. 掌握气助式 SCR 系统的结构原理
2. 掌握气助式 SCR 系统的故障检测方法



**基础知识**

## 一、气助式 SCR 系统组成

图 13-9 为康明斯 ISM11E4 发动机的 SCR 系统。其主要特点是系统中有压缩空气管路与加料器相连接，系统工作时，向排气管内喷入的是混入空气的尿素水溶液。

**1. 尿素箱**

如图 13-10 所示尿素箱用于储存 DEF（尿素水溶液），其内部装有尿素液位传感器、尿素温度传感器和加热器（图 13-10）。加热器水管与发动机冷却水路相连接。加热器的水循环受电磁阀控制，当 ECM 认定尿素箱需要进行加热时，为电磁阀通电、打开水路、进行加热。

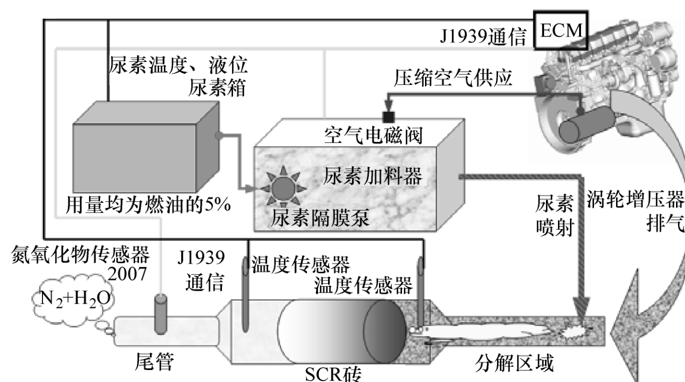



图 13-9　康明斯 ISM11E4 发动机的 SCR 系统

**2. 油气分离器**（空气滤清器）

为保证供给加料器空气清洁，在加料器的供气管路上设有油气分离器（图 13-11），用于去除压缩空气中的水分和杂质。更换机油滤清器、柴油滤清器时，要更换油气分离器。

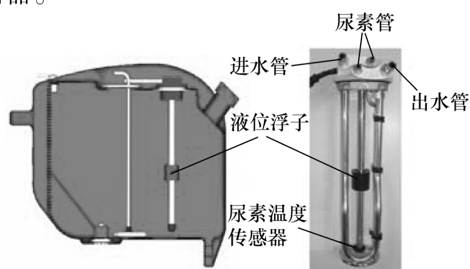



图 13-10　尿素箱及加热装置



图 13-11　油气分离器

**3. 尿素加料器**

尿素加料器，即尿素泵（图 13-12）。它负责为尿素溶液加压。加料器是个智能元件，内置单片机，它通过多路通信（CAN 线）与发动机 ECM 通信，获取发动机工况信息，然后依据这些信息计算、控制尿素喷射量。

**4. 尿素喷嘴**

如图 13-13 所示尿素喷射喷嘴的尖端有 4 个直径 0.55mm 的喷孔，可以使尿素雾化，然后将其直接喷射到排气管中。

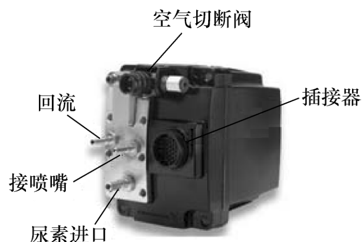



图 13-12　加料器（尿素泵）

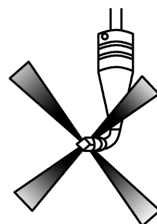


图 13-13　尿素喷嘴

**5. 催化器**（后处理器）

如图 13-14 所示催化器与消声器集成一体。多孔陶瓷体的外表面有催化剂涂层，其主要成分有五氧化钒（$VO_5$）、三氧化钨（$WO_3$）和二氧化钛（$TO_2$）等。只有在催化剂作用下，$NO_X$还原反应才能够进行。催化器还可将颗粒物 PM 排放降低了约 30%（可溶解部分）。催化器有毒，与其接触时，要有防护措施，不得皮肤直接接触。

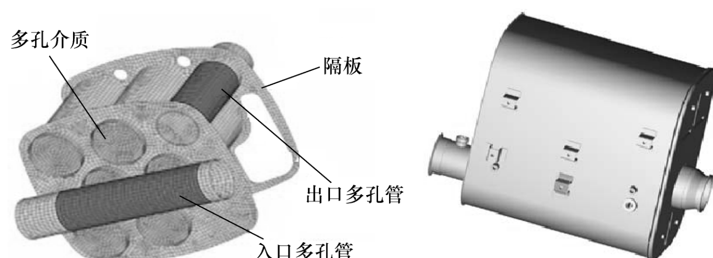



**图 13-14　后处理器**

**6. $NO_X$传感器**

$NO_X$传感器和传感器模块集成为一个整体（图 13-15）。$NO_X$传感器检测 $NO_X$浓度，通过 CAN 线将信号发送给 ECU。当 $NO_X$的浓度超过 5g/kW · h 时，ECU 会点亮 MIL 灯，提示驾驶人维修；当 $NO_X$的浓度超过 7g/kW · h 时，ECU 在点亮 MIL 灯的同时，激活转矩限制器。

**7. 催化器前、后的排气温度传感器**

如图 13-16 所示在排气处理器（EGP）上有两个排气温度传感器，一个进口排气温度传感器，一个出口排气温度传感器。它们用于监测处理器进出口温度。



**图 13-15　$NO_X$传感器及传感器模块总成**



**图 13-16　排气温度传感器**

## 二、工作流程

加料器工作流程如图 13-17 所示。加料器内部主要有隔膜泵、空气阀、空气压力调节器、混合室、尿素压力开关和空气促动阀（AAV）等元件。

隔膜泵负责控制尿素喷射，通过调节通电时间实现喷射量控制。空气压力调节器将进入加料器的空气压力调整到 4bar。在混合室内压缩空气和尿素溶液完成混合。尿素压力开关检测尿素建压情况，便于 ECM 对系统进行监控。空气促动阀是个换向阀，当空气阀打开、压缩空气进入加料器后，空气促动阀负责将尿素回流管路关闭。

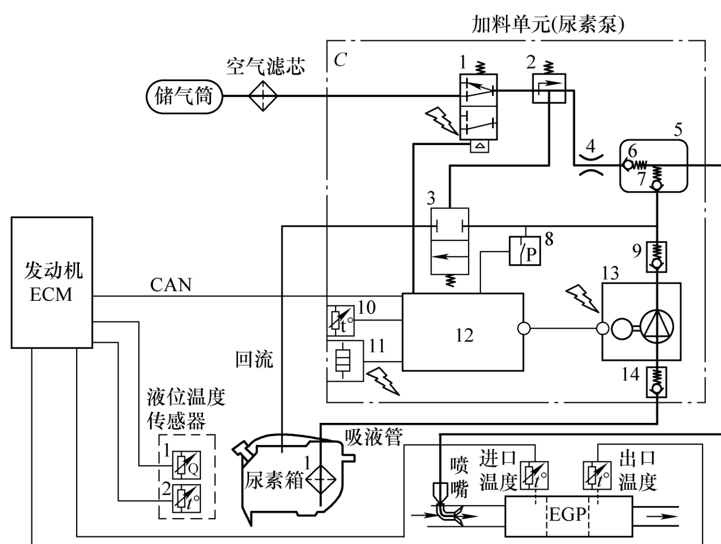



**图 13-17　SCR 系统工作流程图**

1—空气阀（由电磁阀控制）　2—空气压力调节器　3—空气促动阀（AAV）　4—量孔　5—混合室
6—空气单向阀（ACV）　7—背压阀（BPV）　8—压力开关　9—尿素出口单向阀　10—温度传感器
11—位置传感器　12—计量控制器　13—泵电机　14—尿素进口单向阀

SCR 系统工作过程分为系统自检、系统预注、系统加料和系统排空等 4 个阶段。

**1. 系统自检**

打开点火开关，系统开始自检。如果加料单元上电工作正常，尿素泵电机会运转一下。

**2. 预注模式**

每次发动机起动 140s 后，系统都会开始预注。具体过程如下。

① 压缩空气切断（空气电磁阀关闭）。

② 加料器内隔膜泵开始全速运转，加料器以最大能力工作（7.5L/h），尿素溶液通过打开的空气促动阀流回到尿素罐中，以便排空系统中的空气。该过程持续 30s。

③ 如果预注阶段成功，空气电磁阀在预注阶段末期通电打开，压缩空气进入加料器，然后隔膜泵停止工作。如果预注不成功，存储故障码 1682（SCR 泵状态控制加料器错误）。

**3. 系统加料**

在加料阶段，空气压力调节到 4bar，空气持续穿过空气电磁阀进入喷嘴。空气起到尿素的运输介质的作用，同时它还能避免喷嘴堵塞。

加入尿素的条件如下。

① 在催化器进口和出口上，排气温度都达到 200℃以上。

② 没有与 SCR 系统相关的现行 OBD 故障码。

③ 尿素罐液位高于 6%。

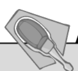
④ 空气压力高于 4bar，而尿素压力为 3bar。

⑤ 尿素罐内尿素温度超过 −7℃。

在加料阶段，空气畅通（空气电磁阀打开），隔膜泵在所需能力下工作，尿素进入喷嘴管中，压力开关启动。空气和尿素一起喷入排气管。

**4. 排空模式**

当钥匙开关转到 OFF 位置，系统进入排空阶段。在此阶段，空气电磁阀打开，隔膜泵停转，只有空气进入喷嘴管中，压力开关启动。空气将残留的尿素从系统中排出，持续时间 30s，然后系统关闭。



**维修案例**

## 一、尿素用尽（故障码 1673）

（1）故障设置条件　ECM 通过尿素液位传感器信号，判定尿素用尽时，禁止尿素喷入 SCR 后处理系统；存储 1673 故障码；点亮 MIL 灯；发动机功率立即下降。

（2）排除方法　添加尿素后，完成液位监测后，MIL 灯熄灭。

## 二、$NO_X$ 排放严重超标（故障码 2773）

（1）故障设置条件　ECM 通过 $NO_X$ 传感器检测到 $NO_X$ 排放超过 7g/kW·h 时，ECM 存储 2773 故障码；点亮 MIL 灯；发动机功率立即下降。

（2）故障原因：

1）柴油机排气处理液质量不符合技术规范。供液管路堵塞、漏气致使尿素建压异常。

2）喷射单元或管路外部泄漏。

3）柴油含硫量过高，使 SCR 催化器结垢、失效（硫中毒），导致氮氧化物排放超标。

4）尿素喷嘴排空不彻底、堵塞。

5）喷射单元有故障或损坏。

6）催化器损坏或缺失。

（3）诊断方法　使用康明斯 INSITE 服务软件进行加料单元超控测试，监测系统工作过程。如果喷射量充足，重点检查尿素溶液品质及后处理器状况；如果喷射量不足或不喷尿素，则应对供液管路进行检查，看是否有堵塞、漏气现象，必要时更换尿素泵。

（4）故障复位　此故障为 OBD 故障，确认故障原因并进行有效维修后，故障并不能马上变为非现行。因为该故障监测过程需要一个特定的行车循环，需要多个工况点采集数据后经过运算才能得出 $NO_X$ 排放值。为使故障尽快完成监测、复位，需要借助 INSITE 服务软件，方法是连接 INSITE 服务软件，起动 ECM 诊断测试/后处理高氮氧化物复位测试，按照屏幕提示运行车辆，如果氮氧化物复位测试进度减慢或停止，则需改变发动机转速和负载，使氮氧化物复位测试尽快完成、恢复发动机转矩。



**你学会了吗？**

1. 举例说明哪些 OBD 故障（排放相关故障）会限制发动机转矩（功率）？
2. 康明斯 ISME4 柴油机 SCR 系统工作流程是怎样的？分阶段说明。

# 第 57 天　非气助式 SCR 系统检修入门



**学习目标**

1. 掌握非气助式 SCR 系统的结构原理
2. 掌握非气助式 SCR 系统的故障检修方法



**基础知识**

## 一、潍柴 SCR 后处理系统的组成

潍柴非气助式 SCR 系统如图 13-18 所示。其主要特点是发动机的控制单元（ECU）负责尿素喷射控制；系统没有压缩空气参与；尿素泵是个执行元件，不是智能元件；尿素喷嘴是个执行器，受 PWM 信号控制；信号占空比改变时，喷射量随之改变。系统只设有一个上游温度传感器监测排气温度。后处理器、$NO_X$ 传感器、尿素箱等元件与气助式 SCR 系统并无差异。

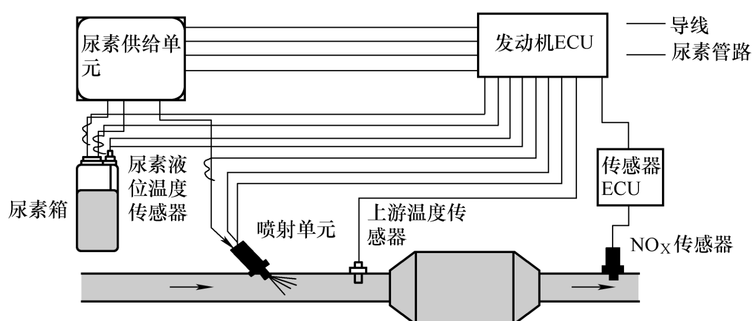



图 13-18　潍柴 WP12 发动机的 SCR 系统

### 1. 尿素供给单元

如图 13-19 所示尿素供给单元主要负责为尿素溶液建压。它由尿素泵、尿素压力传感器和滤清器等几个部分组成。其中滤清器需要定期更换。尿素供给单元内装配有主过滤器、入口过滤器和回流过滤器，主过滤器更换周期一般为 30 000km。

**2. 尿素喷嘴**

尿素喷嘴上装有喷射阀，它接受发动机 ECU 的控制信号，控制尿素喷射量。在尿素喷嘴上有两个水管接头，与发动机冷却水路相连接，为尿素喷嘴冷却。尿素喷嘴结构如图 13-20 所示。

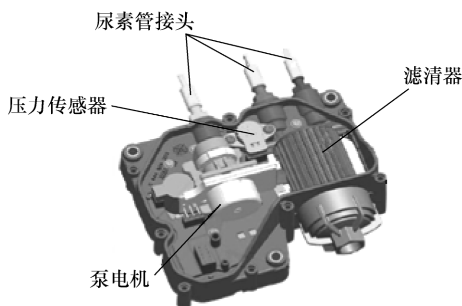



图 13-19 尿素供给单元的内部结构

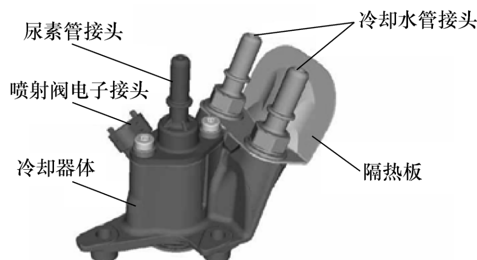



图 13-20 尿素喷嘴

## 二、SCR 系统工作流程

系统的工作流程分为初始化、预注、系统加料和系统排空 4 个阶段。

**1. 初始化阶段**

开始：系统从 T15 上电后开始进入自检状态，如果有故障，系统会一直停留在此状态。如经过检查没有错误或者存在的错误不影响系统工作，则转入预注阶段。

**2. 预注阶段**

发动机起动后，若满足排温超过 180℃；发动机转速大于 550rpm；无尿素压力传感器故障；系统解冻完成（可通过尿素箱温度、环境温度判断），则进入预注阶段（图 13-21）。预注可分为除气、建压和喷射阀检查 3 个步骤。

① 除气。尿素泵转，喷射阀打开，将管路中空气排出，从而为建压做准备。

② 建压。尿素泵转，喷射阀关闭，建立起 900kPa 的系统压力。

③ 检查喷射阀。尿素泵运转，喷射阀长打开一下，管路内压力下降，尿素泵提速、将管路内压力维持在 900kPa。预注过程喷射回路流程如图 13-21 所示。

**3. 加料阶段**

当排气温度达到 200℃后，发动机 ECU 发出命令，控制喷射阀开启、向排气气流中喷射尿素。只要加料系统处于加料状态，无论喷射阀是否喷射，尿素泵都会连续运转，以保持合适的系统压力。尿素喷射速率取决于车辆的负荷率。在车辆的正常行驶中，多数情况下，喷射率不一定是恒定的。喷射阀是以脉冲形式向排气气流喷入指定数量的尿素溶液。多余的尿素回流尿素罐。

加入尿素条件如下。

① 排气处理器进口排气温度超过 200℃。

② 没有某些现行的与 SCR 系统相关的故障代码。

③ 回路压力在 775～1050kPa 范围内，喷射阀开闭正常。

④ 尿素罐液位高于 3%。

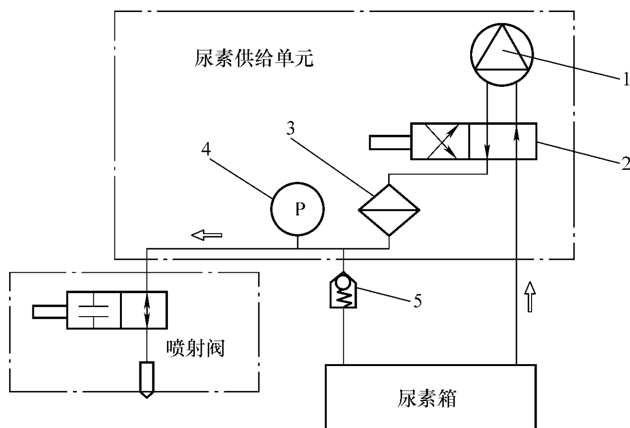



**图 13-21　预注过程（除气或检查喷射）**

1—尿素泵　2—换向阀　3—滤清器　4—压力传感器　5—单向阀（接头带滤网）

⑤ 尿素罐内尿素溶液温度上限 80℃，下限 -3℃。

**4. 排空阶段**

当驾驶人断开钥匙开关后，SCR 系统进入排空阶段，排空需要 90s 才完成。排空阶段流程如图 13-22 所示。

排空状态时，可以听到供给单元内换向阀动作的“咔嗒”声和泵运转的声音，换向阀动作改变尿素泵的进出液通道。尿素泵将喷射阀和压力管中的残留尿素溶液泵送回尿素箱。

在此过程中，喷射阀将开启，消除管路中产生的真空，以使排空更彻底。如果在完成排空前，ECU 无开关电源被断开，ECM 将会记录一个故障码为“上次驾驶循环未排空”。

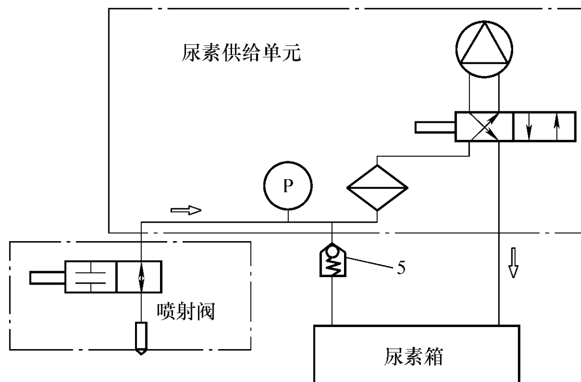



**图 13-22　排空阶段**

## 三、SCR 系统加热

尿素水溶液冰点为 -11℃，为防止 SCR 系统冻结或冻结后解冻，加热就很必要。如果环境温度过低或尿素箱温度过低，ECU 会先为系统加热，要等到系统解冻完成后，才会发出预注命令。解冻完成后，如果环境温度仍然较低，系统会保持加热状态，防止尿

素再次冻结。

**1. 电加热**

尿素泵内置电加热装置，尿素管路由加热电阻元件包裹。ECU 根据环境温度传感器的信号判断是否需要开启电加热，如图 13-23 所示。

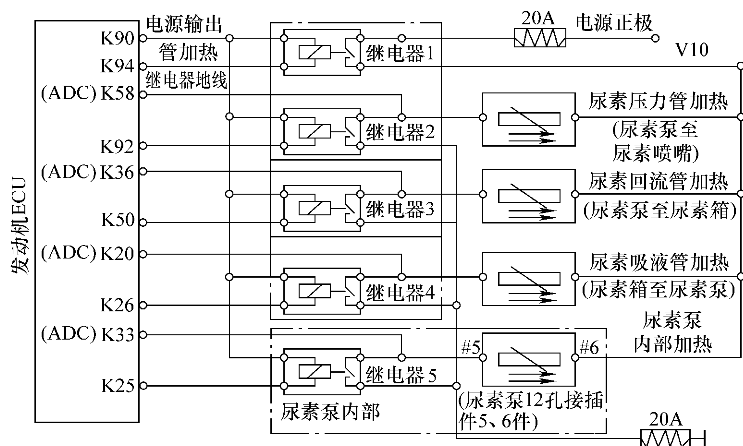



**图 13-23　尿素泵及管路加热电路**

当环境温度低于 –5℃时，ECU 为 K94、K92、K50、K26、K25 针脚完成搭铁，5 个加热继电器同时吸合，4 条加热回路同时被接通。

K58、K36、K20、K33 监测 3 条尿素管和泵加热电路是否接通。当线路接通时针脚为低电位（电压接近 0V）；如果某一回路没能接通，则相应针脚保持高电压（24V 蓄电池电压），ECU 会存储故障码。

**2. 水加热**

当 ECU 通过尿素箱温度传感器确认尿素需要解冻（温度低于 –8℃）且发动机冷却液温度高于 55℃时，ECU 就会通电、打开冷却液电磁阀，为尿素箱加热。为了避免低温导致管路和尿素箱冻结、堵塞，在寒冷天气条件，系统会自行加热，反复打开、关闭冷却液电磁阀，冷却液进入尿素箱内部循环，使尿素箱内的温度保持在一定范围内，尿素箱水加热系统如图 13-24 所示。

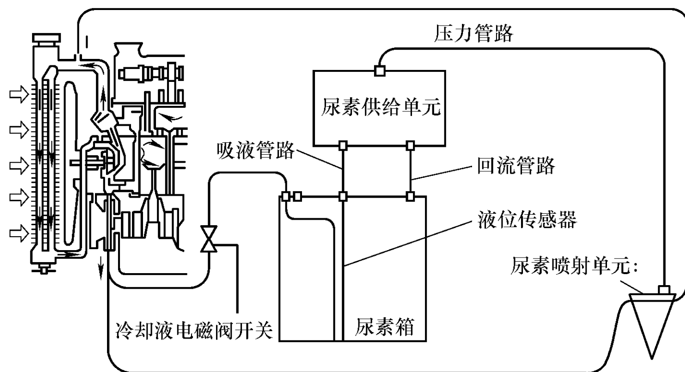



**图 13-24　尿素箱水加热系统**



**维修案例**

**一、尿素不建压**

常见原因：

1）管路折弯或漏气。

2）环境温度低，特别是在寒地区，容易尿素结晶，堵住管路。

3）换向阀及线路故障，导致换向阀不受控。

4）尿素泵供电异常。

**二、氨泄漏**（排气的氨气味严重）

常见原因：

1）喷油器故障。若实际喷油量比设定喷油量少，则使喷入排气管的尿素过剩。

2）进气压力、温度传感器及其线束故障。进气量是计算尿素喷射量的依据之一。

3）排气温度传感器及其线束故障。排温信号是计算尿素喷射量的依据之一。

4）尿素压力传感器及其线束故障。若尿素压力信号测量偏差太大，会导致尿素喷射过量。

5）喷嘴及其线束故障。若喷嘴卡死在常开位置，则尿素喷射量会明显超过设定量。



**你学会了吗？**

1. 潍柴 WP12E4 柴油机，SCR 系统排空是如何进行的？
2. 氨泄漏的常见原因有哪些？
3. 尿素不建压的原因有哪些？

# 第 58 天　EGR 系统检修入门



**学习目标**

1. 掌握 EGR 系统结构原理
2. 掌握 EGR 系统维护、检测内容及操作要领



**基础知识**

## 一、EGR 系统组成

EGR 系统主要由 EGR 阀、EGR 冷却器、节气门和空气流量传感器等机件组成。EGR 系统的作用是适时将适量的废气导入气缸，以控制缸内最高温度、降低 $NO_X$ 排放。下面以康明斯 ISF 发动机为例，介绍其 EGR 系统的组成（图 13-25）。

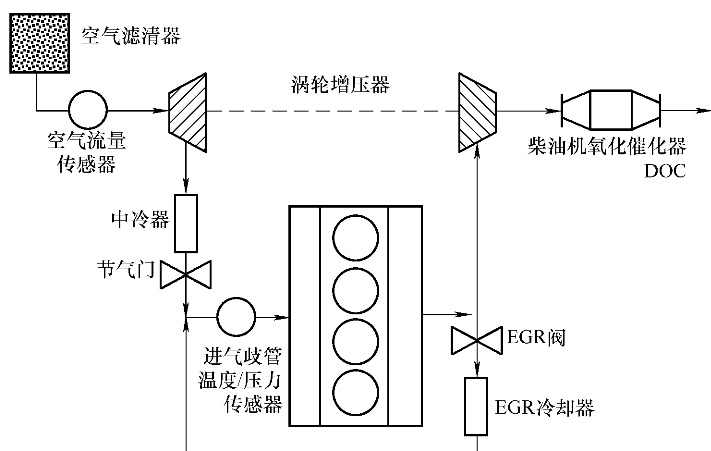



**图 13-25　康明斯 ISF 发动机 EGR 系统**

**1. 空气流量传感器**

空气流量传感器用于测量进入发动机的空气流量。ECM 利用该传感器信号控制 EGR 率。传感器是一个热线式传感器，空气流经此传感器时，部分空气流入传感器内部，吹过传感器内部一个被电加热的热线，空气的流动使热线冷却，造成其电阻值变化。空气流量越大，电阻值变化越大。ECM 通过监测电阻变化来确定空气的流量，在计算、控制废气循环量时需要此参数，热线式空气流量传感器如图 13-26 所示。

**2. 节气门**（图 13-27）

节气门执行器是一个受 PWM 信号控制的设备，ECM 根据进气的要求，通过节气门执行器来控制蝶阀的位置。维修时，可以用溶剂清洁发动机节气门执行器，然后用压缩空气吹干，但不要将其浸入溶剂中。节气门在某些工况下适当关闭进气道、降低进气歧管压力，使再循环废气可以顺利流入进气管路。



**图 13-26　热线式空气流量传感器**

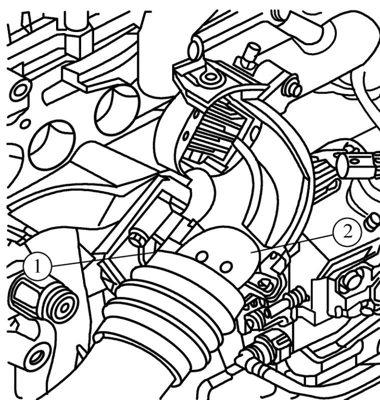



**图 13-27　节气门**

**3. EGR 控制阀**

EGR 控制阀（图 13-28）由发动机 ECM 控制。静态下，EGR 控制阀内有一根弹簧，使阀保持在关闭位置。ECM 通过控制阀内电动机的动作，使阀克服弹簧力打开、将废

气导入进气管路。EGR 阀上的位置传感器用于指示阀位置。

## 二、EGR 系统维护与检测

**1. EGR 冷却器清洁**（图 13-29）

冷却器会逐渐沉积积碳，致使气道堵塞。可以使用安全溶剂或矿物油，完全加满 EGR 冷却器模块总成，将开口朝上放置，浸泡 EGR 冷却器约 20min，然后从 EGR 冷却器中排出大约 25% 的液体。在开口上盖上一个保护盖，晃动冷却器大约 30s，然后排出 EGR 冷却器中剩余的液体。最后用压缩空气吹干 EGR 冷却器的内侧，间歇晃动，以清除 EGR 冷却液内部松动的碎屑。最后用水冲洗冷却器的冷却液腔，以便去除其内的污物。

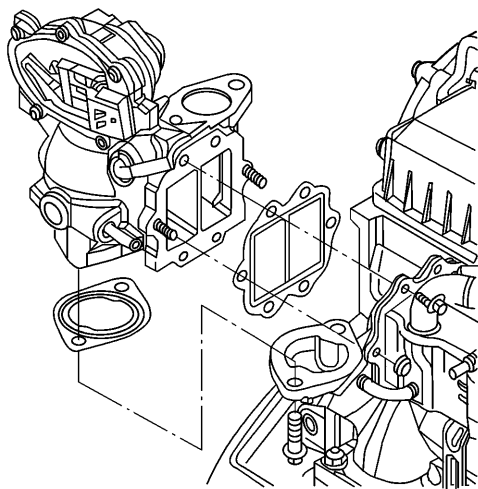


图 13-28　EGR 控制阀

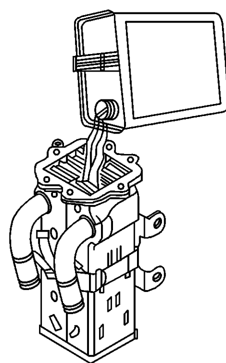


图 13-29　EGR 冷却器清洁

**2. EGR 冷却器泄漏测试**

如图 13-30 所示在断开的冷却液管上连接、并固定一根调压空气供应软管，将另一个冷却液管接头封堵。将 EGR 冷却器放入到 60°C 热水槽中（EGR 冷却器必须完全浸入水中），施加 245kPa（35psi）的气压，检查有无气泡从冷却器冒出。在水中观察冷却器至少 2min。如果 EGR 冷却器泄漏，必须更换。

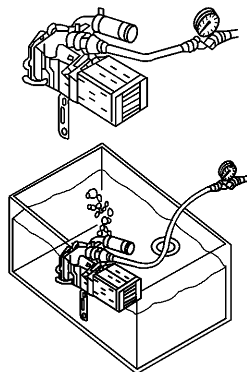
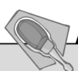


图 13-30　EGR 冷却器测试



## 维修案例

**故障现象**：一台 ISF2.8 发动机，发动机怠速运转不稳。

**故障诊断与排除**：进行断缸测试，没有发现某缸工作不良；检查调整气门间隙，没有效果；通过数据流检测轨压，实际轨压与设定轨压相符。最后将 EGR 阀与进气管件的连接管拆下，封堵进气管接口后，试车，怠速运转平稳。通过以上检查确认 EGR 阀漏气，导致废气进入气缸（提示：正常情况下，怠速时，EGR 系统停止工作），影响了缸内燃烧，导致怠速不稳。

拆下 EGR 阀检查，发现阀门和阀座积炭严重。经清理 EGR 阀门及阀座上的积炭，装复后试车，故障排除。



## 你学会了吗?

1. EGR 系统由哪些元件组成?
2. EGR 冷却器泄漏测试操作要领是什么?

# 第十四章

# 柴油机多路通信系统检修入门

## 第 59 天　多路通信技术概述

**学习目标**

1. 掌握 CAN 通信的基本特点
2. 掌握 J1939 通信协议对物理层的基本要求

**基础知识**

### 一、CAN 是什么?

CAN 是 ControllerAreaNetwork 的缩写（以下称为 CAN），是 ISO 国际标准化的串行通信协议。现在，CAN 的高性能和可靠性已被广泛认同，并应用于汽车、工业自动化、船舶、医疗设备、工业设备等方面。CAN 通信采用的是分时多路传输技术，从而实现不同的数据信息在同一条导线上传输。CAN 通信与传统硬线通信相比，主要优势体现在：导线用量大幅度降低；电气线路故障率降低；整车功能拓展变得更加便捷。CAN 协议具有以下特点。

（1）多主控制　在总线空闲时，所有的单元都可开始发送消息（多主控制）。最先访问总线的单元可获得发送权；多个单元同时开始发送时，发送高优先级 ID 消息的单元可获得发送权。

（2）消息的发送　在 CAN 协议中，所有的消息都以固定的格式发送。总线空闲时，所有与总线相连的单元都可以开始发送新消息。两个以上的单元同时开始发送消息时，根据标识符（Identifier，以下称为 ID）决定优先级。ID 并不是表示发送的目的地址，而是表示访问总线的消息的优先级。两个以上的单元同时开始发送消息时，对各消息 ID 的每个位进行逐个仲裁比较。仲裁获胜（被判定为优先级最高）的单元可继续发送消息，

仲裁失利的单元则立刻停止发送、进行接收工作。

（3）系统的柔软性　与总线相连的单元没有类似于“地址”的信息。因此在总线上增加单元时，连接在总线上的其他单元的软硬件及应用层都不需要改变。

（4）通信速度　根据整个网络的规模，可设定适合的通信速度。在同一网络中，所有单元必须设定成统一的通信速度。即使有一个单元的通信速度与其他的不一样，此单元也会输出错误信号，妨碍整个网络的通信。不同网络间则可以有不同的通信速度。

（5）远程数据请求　CAN 线上的单元可通过发送“遥控帧”请求其他单元发送数据。

（6）错误检测功能、错误通知功能和错误恢复功能　所有的单元都可以检测错误（错误检测功能）。检测出错误的单元会立即同时通知其他所有单元（错误通知功能）。正在发送消息的单元一旦检测出错误，会强制结束当前的发送。强制结束发送的单元会不断反复地重新发送此消息直到成功发送为止（错误恢复功能）。

（7）故障封闭　CAN 可以判断出错误的类型是总线上暂时的数据错误（如外部噪声等），还是持续的数据错误（如单元内部故障、驱动器故障、断线等）。当总线上发生持续数据错误时，可将引起此故障的单元从总线上隔离出去。

（8）连接　CAN 总线是可同时连接多个单元的总线。可连接的单元总数理论上是没有限制的。但实际上可连接的单元数受总线上的时间延迟及电气负载的限制。降低通信速度，可连接的单元数增加；提高通信速度，则可连接的单元数减少。

## 二、总线拓扑图

图 14-1 所示是用于乘用汽车的总线拓扑图。在该实例应用中，设有传输速率 500kbit/s（波特率）和 125kbit/s 两条 CAN 总线。

每条 CAN 线采用双绞线（即 AN-H 和 CAN-L 缠绕在一起，图 14-2），这有利于降低电磁干扰。

## 三、CAN 和标准规格

针对不同的应用类型，CAN 通信有不同的协议标准。表 14-1 列出了不同 CAN 通信协议的主要应用方向。

## 四、CAN 总线数据

如图 14-3 所示，CAN 总线中无数据（隐性）时，CAN-H 和 CAN-L 的对地电压均为 2.5V；CAN 线中有数据传输（显性）时，CAN-H 对搭铁电压为 3.5V，CAN-L 对搭铁电压为 1.5V。

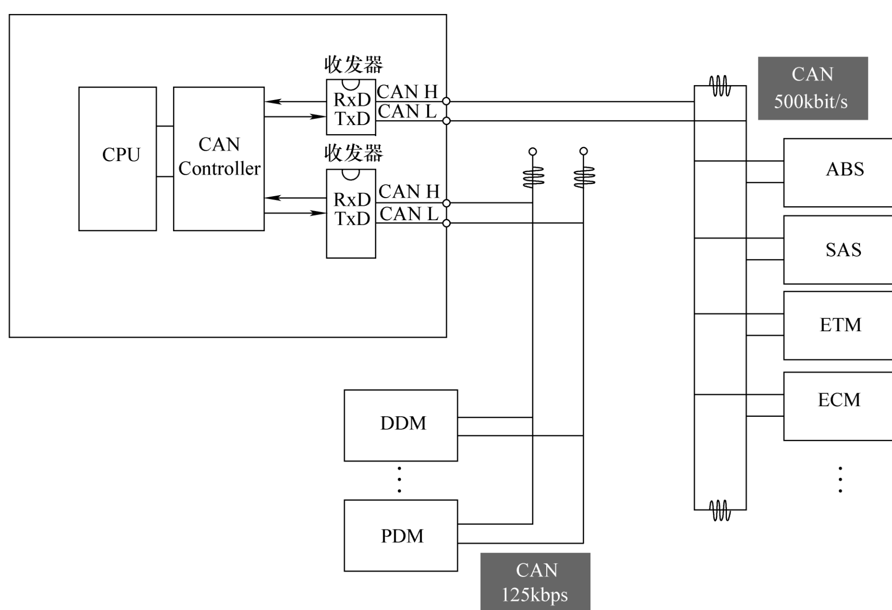



**图 14-1　乘用汽车应用的 CAN 网络**



**图 14-2　CAN 通信双绞线**

**表 14-1　不同 CAN 通信协议的应用方向**

| 名称 | 波特率/（bit/s） | 规格 | 通用领域 |
|---|---|---|---|
| SAE J1939-11 | 250k | 双线式、屏蔽双绞线 | 卡车、大客车 |
| SAE J1939-12 | 250k | 双线式、屏蔽双绞线、12V 供电 | 农用机械 |
| SAE J2284 | 500k | 双线式、双绞线（非屏蔽） | 汽车（高速：动力、传动系统） |
| SAE J23111 | 33.3k、83.3k | 单线式 | 汽车（低速：车身系统） |
| NMEA-2000 | 62.5k、125k、250k、500k、1M | 双线式、屏蔽双绞线供电 | 船舶 |
| DevlceNet | 125k、250k、500k | 双线式、屏蔽双绞线 24V 供电 | 工业设备 |
| CANopen | 10k、20k、50k、125k、250k、500k、800k、1M | 双线式、双绞线可选（屏蔽、供电） | 工业设备 |
| SDS | 125k、250k、500k、1M | 双线式、屏蔽双绞线可选（供电） | 工业设备 |

CAN 线中的数据信号波形是脉宽不断变化的脉冲序列（图 14-4）。将 CAN-L 的波形垂直翻转，便与 CAN-H 波形完全重合，这说明 CAN-H 和 CAN-L 数据完全一致。当其中一条线路发生某些故障时，另一条线路能够单独完成数据传输。这种双线传输模式，提高了可靠性。

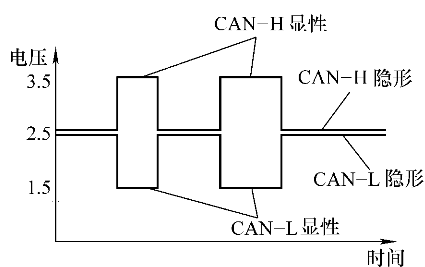



**图 14-3　CAN 数据信号的显性与隐性**

CAN-H 和 CAN-L 波形的对称性，使得任一瞬间 CAN-H 和 CAN-L 电压的平均值保持不变，均为 2.5V，这可以有效抑制电磁干扰、提高数据传输的可靠性。

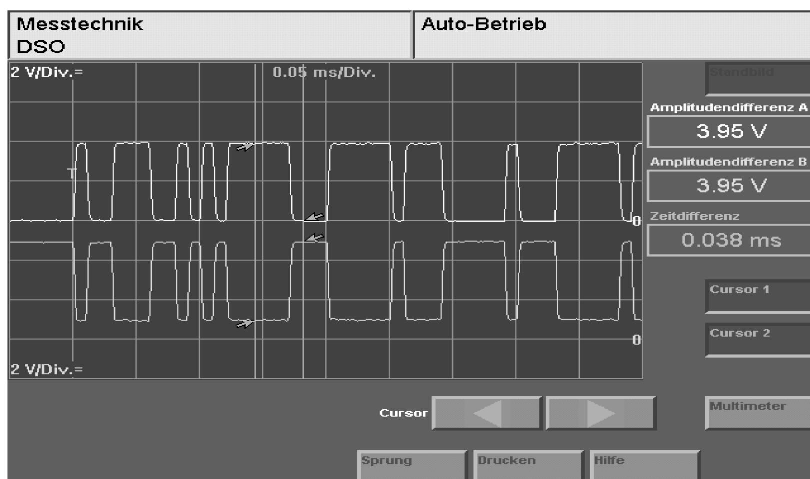



**图 14-4　CAN 数据波形**

## 五、J1939 概述

SAEJ1939（以下简称 J1939）是美国汽车工程协会（SAE）的推荐标准，适用于中重型道路车辆的电子部件间通信。

J1939 基于德国博世公司开发的控制器局域网络（即 CAN：ControllerAreaNetwork），通信速率可达到 250bit/s。它描述了重型车辆现场总线的一种网络应用，包括 CAN 网络物理层定义、数据链路层定义、应用层定义、网络层定义、故障诊断和网络管理。在 SAEJ1939 协议中，不仅指定了传输类型、报文结构及其分段、流量检查等，而且报文内容本身也做了精确的定义。目前，J1939 在商用车辆、舰船、轨道机车、农业机械和大型发动机中应用广泛。

**1. 物理层的基本要求**

J1939 物理层要求，在特定网段上 ECU 的最大数目定为 30；总线主干线长度不超过 40m；支线长度不大于 1m；主干线的两个终端各设一个 120Ω 的终端电阻。

J1939 有屏蔽双绞线和非屏蔽双绞线两个物理层通信协议。SAE1939-11（物理层—

屏蔽双绞线）要求设有屏蔽线，终端电阻必需置于控制单元之外。SAE1939-15（物理层—非屏蔽双绞线）用于非屏蔽双绞线 CAN 通信，该协议对终端电阻没有严格限制，终端电阻既可以装于控制单元内部，也可以置于外部。

**2. 诊断故障码定义**

J1939 定义：诊断故障码（DTC）由 4 个独立域构成，这 4 个部分是。

① 可疑参数的编号（SPN）19 位（二进制）。

② 故障模式标志（FMI））5 位（二进制）。

③ 发生次数（OC）7 位（二进制）。

④ 可疑参数编号的转化方式（CM））1 位（二进制）。

这些独立的参数不是一个单独的数，而是一组描述故障的信息。

**提示**：一些车辆可以通过仪表读取 ECU 或其他控制单元当前故障的可疑参数编号 SPN 和故障模式号 FMI，然后查阅相关资料、获取故障信息，可帮助诊断故障。



**你学会了吗?**

1. 与传统硬线通信相比，CAN 通信具有哪些优势?
2. J1939 对诊断故障码是如何定义的?

# 第 60 天　多路通信系统检修入门



**学习目标**

1. 掌握 CAN 线各类故障对网络通信的影响
2. 学会通过电压、电阻检测，判断排除通信故障



**基础知识**

## 一、CAN 线故障模式（J1939）

**1. 网络连接失败**

如果一个节点因从总线网络中脱开，而导致连接失败，剩下的其他节点之间应能够继续通信。

**2. 节点电源断开或节点接地断开**

如果某个节点与电源断开，或者处于低电压状态下，网络不会被拉低，剩下的节点应能够继续通信。如果某节点与搭铁点断开，网络不会被拉高，剩下的节点应能够继续通信。

**3. 屏蔽搭铁断开**

如果某个节点的屏蔽接地断开，则会在屏蔽层与双绞线的任一根线之间产生共模干扰电压。虽然通信是可能的，但电磁干扰会增加。

**4. CAN-H**（或 CAN-L）**开路**

在 CAN-H（或 CAN-L）断开点的异侧节点之间，数据通信是不可能的。而在 CAN-H（或 CAN-L）断开点的同侧节点之间，数据通信是可能的。但是数据信号的信噪比（S/N）随之降低。

**5. CAN-H 与电源短路**

如果电源电压比最大允许的总线正常电压范围还大，数据通信是不可能的。

**6. CAN-L 与搭铁短路**

由于总线电压在允许的正常电压范围内，所以通信是可能的。但是数据信号的信噪比（S/N）下降，抗电磁辐射能力减弱。

**7. CAN-H 与搭铁短路**

数据通信不能进行。

**8. CAN-L 与电源短路**

数据通信不能进行。

**9. CAN-H 与 CAN-L 短路**

数据通信不能进行。

**10. CAN-H 与 CAN-L 在同一位置断开**

在断点的异侧的节点之间，数据通信是不可能的。而在断点的同一侧的节点之间，数据通信是可能的，但是数据信号的信噪比（S/N）会随之降低。

**11. 总线匹配终端的丢失**

虽然通过总线的数据通信是可能的，但是数据信号的信噪比（S/N）会随之降低。但两个终端电阻同时丢失，则数据通信不能进行。

**12. 违反布局参数**（如总线的长度、支线的长度、节点的分布设置）

通过总线进行数据通信是可能的，但是数据信号的信噪比（S/N）会随之降低。

## 二、CAN 线检测

CAN 线发生故障时，可通过对其电压、电阻的检测，确认故障原因。下面以欧曼 GTL 牵引车（配备潍柴 WP12E4 共轨柴油机）为例，介绍 CAN 线检测方法（图 14-5）。

配备潍柴 WP12E4 共轨柴油机的欧曼 GTL 牵引车，共设有两条 CAN 线：P-CAN 称为动力总线，与动力及车辆运行控制相关的模块挂在这条总线上；I-CAN 称为车身总线，用于车身各模块间通信。CBCU（中央控制单元）功能包括车灯、刮水器、喇叭控制；记录车辆配置信息；实现网关功能，完成数据跨线传输。

当诊断仪无法连接，或模块报出无法通信或通信超时故障时，就应对 CAN 线进行检测。

**1. 电压检测**

打开点火开关，检测诊断座 6 号（P-CANH）、14 号（P-CANL）、3 号（I-CANH）、11 号（I-CANL）针脚对 4 号针脚电压，应符合以下规范：

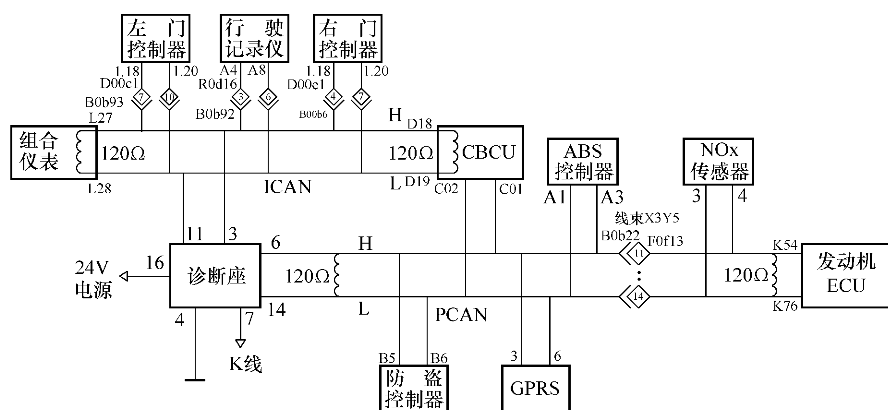



**图 14-5　配备潍柴 WP12E4 发动机机的欧曼 GTL 牵引车 CAN 通信网络**

CANH 对地电压 3.0V ±0.5V，CANL 搭铁电压 2.0V ±0.5V；同一条 CAN 线上，$V_{CANH} > V_{CANH}$，且，$V_{CANH} + V_{CANH} = 5V$。

结果分析：

◇$V_{CANH} = V_{CANH} = 0$，应检查 ECU 上电是否正常。

◇$V_{CANH} = V_{CANH} = 2.5V$，应检测 CANH 与 CANL 间电阻，确认是否两者间短路，如果短路应逐一断开每个模块、重新测量，以确认模块是否短路。测量时也可断开 CAN 线束的中间接头，重新测量，以确定短路点在哪一段，缩小故障范围、便于尽快找到故障点。

◇$V_{CANH} = V_{CANH} > 2.5V$（P-CAN），说明 ECU/K76 号针脚与终端电阻间开路。

◇$V_{CANH} = V_{CANH} < 2.5V$（P-CAN），说明 ECU/K54 号针脚与终端电阻间开路。

◇$V_{CANH}$和 $V_{CANH}$其中一个电压为零，另一个正常，则重点检查总线开路或搭铁。

**2. 电阻检测**

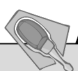
关闭点火开关，检测每条 CAN 线 CANH 与 CANL 间电阻（6 号与 14 号、3 号与 11 号），规范值：（60 ±10）Ω。

结果分析如下。

◇如果 CANH 与 CANL 间电阻为 120Ω，说明丢失一个终端电阻，或两终端电阻间主干线有开路。

◇如果 CANH 与 CANL 间电阻为 0Ω，说明 CANH 与 CANL 间短路，需要拆下所有模块、重新测试确认。

◇如果 CANH 与 CANL 间电阻为∞，说明 CANH 或 CANL 开路。



## 维修案例

**案例**

**故障现象**：一辆配有潍柴 WP12 国Ⅳ共轨柴油机的欧曼 GTL 重卡，诊断仪无法连接、无法与 ECU 通信。

**故障诊断与排除**：打开点火开关，检测诊断座 6 号针脚对 4 号搭铁线间电压为 2.73V，检测 14 号针脚对 4 号搭铁线间电压也为 2.73V。两者电压相等，怀疑 CANH 和 CANL 间短路，检测 6 号与 14 号针脚间电阻为 59.8Ω 时正常。断开 ECU/OEM 插接器，检测导线 K54—6 号、K76—14 号的导通性时，发现 ECU/OEM 插接器的 K76 针孔损坏。更换损坏的触针后，诊断仪顺利连接。

**提示**：对于终端电阻外置的 CAN 总线，断开总线上的任一模块、测量 CANH 和 CANL 间电阻，都应是（60 ± 10）Ω，如果某一模块拆下后测量、电阻值不符，则说明 CAN 线一定有故障。



## 你学会了吗?

1. CAN 线开路，对通信有怎样的影响?
2. 如何测量能够确认整个网络是否存在开路故障?

# 参 考 文 献


［1］徐西安，范志丹．柴油发动机构造与维修［M］．北京．北京理工大学出版社，2011.
［2］何勇灵，徐斌．BOSCH 柴油机管理系统［M］．北京．北京理工大学出版社，2010.
［3］严安辉，韦忠霞，等．汽车柴油机发动机电控系统原理与检修［M］．北京：国防工业出版社，2007.
［4］赵捷，张永．电控柴油机发动机维修技术［M］．北京：中国人民大学出版社，2013.
［5］张西振，张义．柴油发动机电控系统检测与修复［M］．北京．国防工业出版社，2010.
［6］扈佩令．电控柴油发动机原理与维修［M］．北京．北京理工大学出版社，2011.
［7］朱玉平，康宏卓，赵德旭，等．怎样维修电控柴油轿车［M］．北京．机械工业出版社，2006.






扫一扫，更多汽车维修精品图书供你选

**地址：北京市百万庄大街22号**
**邮政编码：100037**
**电话服务**
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
**网络服务**
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
**封面无防伪标均为盗版**



机械工业出版社微信服务号

上架指导 交通运输／汽车维修
ISBN 978-7-111-49591-8
策划编辑◎杜凡如 ／封面设计◎鞠杨




定价：45.00元